



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências Sociais Aplicadas

Relatório de Estágio

Por

Élia Coelho

Relatório de Estágio Pedagógico apresentado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física e de Química.

Orientadores: Vítor Duarte Teodoro e Cremilde Caldeira

Lisboa

2010

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Vítor Teodoro pelo desafio lançado de leccionar as Teorias de Relatividade. Pelo interesse e colaboração dispendida em prestar-me a orientação necessária para o desempenho do meu trabalho tanto no âmbito científico como pedagógico. Agradeço ainda e especialmente pela sua paciência e empenho na construção dos modelos necessários a minha leccionação.

À professora Cremilde Caldeira, Orientadora de Estágio, por ter aceite orientar o meu trabalho permitindo-me desta forma conviver com alguém que tanto gosta da sua profissão, pela sua enorme disponibilidade e cooperação ao longo do Estágio Pedagógico e por tudo aquilo que me permitiu aprender.

À professora Beatriz Castelo Branco por permitir-me acompanhar o seu trabalho de Directora de Turma e Professora de Formação Cívica e pelo interesse demonstrado em facultar-me uma formação ainda mais completa.

Aos alunos com os quais tive oportunidade de trabalhar, em especial aos alunos do 8.º A e aos alunos de Física do 12.º B. Muito obrigada por todo o carinho.

À Escola Secundária do Monte de Caparica por todo o apoio e incentivo em todas as actividades desenvolvidas ao longo do Estágio Pedagógico.

À Escola Básica 1/ Jardim de Infância do Monte de Caparica pela colaboração na concretização do projecto no âmbito da divulgação da ciência no 1.º Ciclo.

Resumo

Elaborou-se o presente relatório no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e de Química. Este relata o trabalho desenvolvido no Estágio Pedagógico decorrido na Escola Secundária do Monte de Caparica no presente ano lectivo. O núcleo de estágio foi constituído pelo Orientador Pedagógico Professor Dr. Vítor Teodoro, pela Orientadora de Estágio Professora Cremilde Caldeira e pela professora estagiária Élia Coelho.

No decorrer do Estágio Pedagógico a professora estagiária acompanhou o trabalho desenvolvido pela Orientadora de Estágio em duas turmas (8.º e 12.º anos). A professora estagiária: a) realizou a planificação e leccionação de seis aulas no 8.º ano e da subunidade *Teoria da Relatividade* no 12.º ano; b) acompanhou a Direcção de Turma e as aulas de Formação Cívica da turma do 8.º ano; c) colaborou num projecto Ciência Viva; d) efectuou o registo de actividades experimentais; e) acompanhou visitas de estudo; f) criou e desenvolveu um projecto de divulgação da ciência no Primeiro Ciclo; g) foi tutora de um aluno do 8.º ano; h) criou uma lição interactiva sobre o Movimento Harmónico Simples.

Este relatório compreende uma introdução, um enquadramento geral, a descrição das actividades desenvolvidas no âmbito do Estágio Pedagógico, conclusão, bibliografia e apêndices.

Abstract

This report was prepared in order to obtain the Master Degree on Teaching of Physics and Chemistry. It describes the work done during the teaching trainingship that took place at *Escola Secundária do Monte de Caparica* throughout the present school year. The training group was composing by the Educational Supervisor Professor Dr. Vítor Teodoro, the Trainingship Supervisor Professor Cremilde Caldeira and the trainee teacher Élia Coelho.

During the teaching practice, the trainee teacher worked with the Traineeship Supervisor on the planning and the teaching of an 8th grade class and on a 12th grade class. The trainee teacher: a) planned and delivered a set of six periods on the 8th grade and the topic *Theory of Relativity* on a 12th grade class; b) participated on the work of *Direcção de Turma* and *Formação Cívica* classes of the 8th grade class; c) collaborated on the development of a *Ciência Viva* project; d) made the registration of experimental activities ; e) followed study visits; f) created and carried out a divulgation of science project in a Elementary School; g) mentored an 8th grade student; h) created an interactive lesson on Simple Harmonic Motion.

This report includes an introduction, a general framework, the description of the activities developed during the teaching trainingship, a conclusion, the bibliography references and the appendices.

Índice

1 Introdução	8
2 Enquadramento geral	10
2.1 Reflexão pessoal sobre a profissão	10
2.2 Caracterização da Escola	12
2.2.1 A História da Escola	13
2.2.2 Enquadramento Social	14
2.2.3 Oferta Educativa 2009/2010	15
2.2.4 Laboratórios de Física e de Química	16
3 Actividades desenvolvidas no âmbito do Estágio Pedagógico	18
3.1 Direcção de Turma	18
3.2 Actividade de Tutoria	20
3.3 Actividades de divulgação da ciência	24
3.3.1 Projecto Ciência Viva	24
3.3.2 Divulgação da ciência no 1.º Ciclo	25
3.4 Actividades laboratoriais	26
3.5 Visitas de estudo	27
3.6 Lição interactiva	27
3.7 Ciências Físico-Químicas – 8.º ano	28

3.7.1 Orientação Curricular	28
3.7.2 Planificação	29
3.7.3 Leccionação	31
3.7.4 Elementos de Avaliação	52
3.8 Física – 12.º ano	54
3.8.1 Programa	54
3.8.2 Planificação	55
3.8.3 Revisão da literatura	56
3.8.4 Leccionação	64
4 Conclusão	104
Referências bibliográficas	110
Apêndice I - Ficha de Trabalho 8.º ano	112
Apêndice II - Apresentação da aula n.º 3 e 4: O ouvido e a audição	115
Apêndice III - Apresentação da aula n.º 5 e 6: A visão humana	116
Apêndice IV - Actividade Experimental 8.ºano	118
Apêndice V - Apresentação da aula n.º 1: Introdução ao tema e relatividade galileana	121
Apêndice VI - Apresentação da aula n.º 2: Origens da Relatividade Restrita	128
Apêndice VII - Apresentação da aula n.º 3: Teoria da Relatividade Restrita	132
Apêndice VIII - Apresentação da aula n.º 4: Relação entre massa e energia. R. Geral	135

Apêndice IX - Documento de síntese de conceitos 12.º ano	139
Apêndice X - Teste 12.º ano	141
Apêndice XI - Avaliação de visita de estudo	143

1 Introdução

O Estágio Pedagógico realizou-se no âmbito da unidade curricular *Prática Profissional* do curso Mestrado em Ensino de Física e de Química. Este decorreu na Escola Secundária do Monte de Caparica e perdurou ao longo de todo o ano lectivo 2009/2010. O núcleo de estágio foi constituído pelo Orientador Pedagógico Professor Dr. Vítor Teodoro, pela Orientadora de Estágio Professora Cremilde Caldeira e pela professora estagiária Élia Coelho.

No decorrer do Estágio Pedagógico foi possível tomar contacto com a comunidade escolar e aplicar o conhecimento teórico adquirido ao longo do curso. Acompanhou-se o trabalho de planificação e de leccionação desenvolvido pela Orientadora de Estágio numa turma do 8.º ano e numa turma de Física do 12.º ano nas quais leccionou. Deste modo observaram-se as atitudes dos seus alunos e as dificuldades dos mesmos. Presenciaram-se metodologias de leccionação e de resolução de problemas em sala de aula em ambas as turmas. Realizou-se a planificação e leccionaram-se seis aulas no 8.º ano e a subunidade *Teoria da Relatividade* no 12.º ano. Todas as aulas foram assistidas pela Orientadora de Estágio. O Orientador Pedagógico assistiu a uma aula leccionada no 8.º ano e a todas as aulas leccionadas no 12.º ano. Acompanhou-se o trabalho de Direcção de Turma e as aulas de Formação Cívica desenvolvido pela professora de Língua Portuguesa da turma do 8.º ano. Colaborou-se no desenvolvimento de um projecto Ciência Viva com o título *Deste Sol que nos aquece e deste vento que nos refresca!* Efectuou-se o registo de laboratório de algumas actividades experimentais e acompanharam-se várias visitas de estudo. Criou-se e desenvolveu-se um projecto de divulgação da ciência no primeiro ciclo ao qual se chamou *Vamos brincar aos cientistas!* Acompanhou-se um aluno do 8.º ano em regime de Tutoria. No decorrer de todas as actividades atrás mencionadas teve-se a oportunidade de conviver com os professores do grupo de Ciências Físico-Químicas e com professores de outros grupos, com a direcção da escola, com a assistente social escolar, com a psicóloga da escola, com os funcionários da

escola e com pais e Encarregados de Educação, revelando-se o Estágio Pedagógico uma experiência deveras enriquecedora.

O objectivo deste trabalho é o de relatar o trabalho desenvolvido ao longo do estágio. Inicia-se o relatório com uma reflexão pessoal sobre a profissão onde se focam aspectos que se consideram ser importantes ter presente na prática pedagógica e com a caracterização da escola onde decorreu o Estágio Pedagógico. Em seguida descrevem-se as actividades que se desenvolveram ao longo do Estágio Pedagógico. Nessa descrição refere-se a pertinência da sua inserção no Estágio Pedagógico, faz-se um breve relato do seu desenvolvimento e uma breve reflexão. No que diz respeito às actividades de leccionação aborda-se em separado as Ciências Físico-Químicas no 8.º ano e a Física do 12.º ano. Referem-se nesta abordagem os aspectos mais importantes que constam da orientação curricular ou programa da disciplina e focam-se apenas os aspectos essenciais das metodologias utilizadas nas actividades desenvolvidas e as reflexões inerentes ao processo. No final deste relatório faz-se uma conclusão global do Estágio Pedagógico, faz-se referência à bibliografia e encontram-se, em apêndice, alguns materiais didácticos desenvolvidos ao longo do Estágio Pedagógico que auxiliam a interpretação do trabalho desenvolvido. Todos os materiais construídos ao longo do Estágio Pedagógico podem ser consultados no portfólio de estágio no sistema de gestão de ensino e aprendizagem da FCT (Moodle@FCT).

2 Enquadramento geral

2.1 Reflexão pessoal sobre a profissão

O sistema de ensino teve, até há pouco tempo, como função principal transmitir conhecimento, cultura e sabedoria do passado para as gerações futuras. Actualmente outras funções são também consideradas relevantes, nomeadamente, como aprender, como resolver problemas e como sintetizar novo conhecimento a partir do já existente. Este aspecto é acentuado em meados do século passado pelas palavras de Bernardino da Fonseca Lage (1945) “O melhor professor não é o que mais ensina, é o que mais faz aprender”.

A evolução da nossa sociedade e a mudança das instituições de ensino baseada numa visão científica mais precisa, profunda e abrangente, exige uma reestruturação dos princípios que regem o processo de aprendizagem. Um passo importante nesse sentido é dado pelo professor. Recentemente defende-se para o professor uma função cada vez mais dinamizadora e facilitadora da aprendizagem do aluno. Cada vez mais distante da tarefa que lhe era conferida na pedagogia passiva tradicional em que o professor era quase considerado um mero veículo transmissor de conhecimentos e que raramente ilustrava os conceitos teóricos com actividades práticas. O docente deve estabelecer como ponto de partida para a construção do processo de aprendizagem a riqueza de experiências e a complexidade das estruturas conceptuais que os próprios alunos trazem para a sala de aula. Uma boa aprendizagem exige a participação activa do aluno de modo a construir o seu próprio conhecimento. No entanto, como o próprio Currículo Nacional do Ensino Básico refere “O conhecimento científico não se adquire simplesmente pela vivência de situações quotidianas pelos alunos. Há necessidade de uma intervenção planeada do professor, a quem cabe a responsabilidade de sistematizar o

conhecimento, de acordo com o nível etário dos alunos e dos contextos escolares”. (Currículo Nacional do Ensino Básico, s.d., p.115).

A curiosidade das crianças pelos fenómenos naturais deve ser estimulada logo no 1.º Ciclo. Os alunos devem ser incentivados a levantar questões e a procurar respostas através de experiências e de pesquisas simples. O trabalho experimental contribui para a criação de situações de aprendizagem significativas e adaptáveis às variadas idades, promovendo um alargamento do conhecimento científico por parte dos alunos. Papert afirma o seguinte:

O escândalo da educação reside no facto de que sempre que ensinamos algo estamos a privar a criança do prazer e do benefício da descoberta. (Papert, 1997, p. 103).

Os jovens aprendem com maior facilidade sobre o que é tangível e sobre o que os seus sentidos têm acesso directo devendo a aprendizagem ser feita do concreto para o abstracto. Partindo da experimentação os alunos desenvolvem a capacidade de compreender conceitos mais abstractos, mais facilmente adquirem a capacidade de utilizar uma linguagem simbólica, um raciocínio lógico e a aptidão de generalizar. Estas competências desenvolvem-se lentamente. Verifica-se que a dependência da maior parte das pessoas de exemplos concretos para entender novas ideias tende a persistir ao longo da vida. É necessário estar alerta para o facto de que as dificuldades que alguns alunos têm em compreender conceitos abstractos são disfarçadas pela facilidade com que recordam e recitam termos técnicos que não entendem. Como resultado os professores algumas vezes acabam por sobrestimar a aptidão dos seus alunos em lidar com conceitos abstractos. Os docentes encaram o facto de os alunos utilizarem designações correctas como um sinónimo de compreensão.

A criação e o desenvolvimento de materiais educativos digitais facilitam uma abordagem construtivista da aprendizagem. Os recursos multimédia na educação permitem usufruir de novas propostas pedagógicas e criar materiais de apoio didáctico para todos os níveis e tipos de ensino. As tecnologias digitais oferecem ao professor alternativas para uma melhor exposição dos conteúdos a leccionar e apresentam recursos inovadores para a educação à distância, citando as palavras de Falkembach:

“É o computador como um recurso didáctico que disponibiliza informações, permitindo interacções e comunicações síncronas e assíncronas, dinamizando as

práticas pedagógicas, permitindo as mais variadas estratégias de ensino e permitindo ao aluno trabalhar segundo seu ritmo e suas preferências, facilitando a construção do conhecimento.” (Falkembach, 2005, p. 3-4)

Os materiais educativos digitais possibilitam um modelo educacional centrado no aluno, sendo a autonomia da procura do saber mais estimulada. Estes materiais podem seguir diversos modelos de aprendizagem, tais como: descoberta imprevista, aprendizagem por descoberta, roteiro guiado, navegação por caminhos hierárquicos e navegação por apresentação sequenciada de informações.

Em suma, na minha visão, a verdadeira tarefa do professor não é ensinar mas sim mostrar o caminho para a aprendizagem. O professor é aquele que escolhe ser o guia dos que “querem” apreender e é aquele que tem vontade de incentivar para o conhecimento a todos aqueles que precisam desse incentivo, dedicando assim a sua vida ao estudo, à formação e à actualização compilando desta forma o maior número de ferramentas para melhor cumprir a sua missão.

2.2 Caracterização da Escola

A Escola Secundária do Monte de Caparica foi escolhida para participar no segundo programa de Territorialização de Políticas Educativas de Intervenção Prioritária – TEIP 2 e é candidata ao programa TEIP 3.

O programa TEIP foi criado em 1996 pelo Ministério da Educação com o objectivo de combater fenómenos de exclusão social e escolar existente em comunidades educativas particularmente desfavorecidas dando prioridade às escolas ou agrupamentos de escolas localizados nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto. É propósito deste programa fornecer recursos e instrumentos a estas escolas ou agrupamentos de escolas que lhes permitam orientar a sua acção para a reinserção escolar dos seus alunos.

Uma característica das escolas que se encontram inseridas neste programa passa pelos mecanismos de selecção de docentes com competências específicas, com o objectivo de enfrentar as dificuldades existentes. Actualmente nenhum professor é colocado na Escola Secundaria do Monte de Caparica sem ser previamente submetido a uma entrevista.

A base de negociação entre o Ministério da Educação e a escola seleccionada é o projecto educativo. Este deve apresentar as medidas de intervenção na escola e na comunidade escolar que visam combater risco de exclusão social e escolar dos alunos promovendo e articulando medidas locais capazes de contribuir para a diminuição das desigualdades. Algumas das estratégias passam pela optimização dos recursos disponíveis em cada território educativo, o estabelecimento de novas parcerias e a articulação das intervenções dos vários parceiros existentes.

Nesta negociação o Ministério da Educação compromete-se a conceder apoios pedagógicos e financeiros que viabilizam a concretização dos projectos apresentados pelas escolas. Por sua vez as escolas assumem a responsabilidade da criação de condições de igualdade de oportunidades e de a promoção do sucesso escolar dos seus alunos.

2.2.1 A História da Escola

A Escola Secundária do Monte de Caparica iniciou a sua actividade no ano lectivo 1982/1983, desenvolvendo as suas funções no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. A lista seguinte evidencia alguns dos projectos e actividades desde que abriu:

- Foi escola piloto no projecto Minerva e manteve-se neste até ao seu final.
- Em 1992/1993 participou no regime experimental da Reforma Educativa do Ensino Secundário.
- A partir do ano lectivo 1998/1999 apostou na implementação de Cursos de Educação e Formação (CEF) do Tipo 2 nas áreas de Electricistas de Instalações e Operador Comercial, mais tarde alargados ao Ensino Secundário com os cursos do Tipo 4 e 5.
- Em Janeiro de 2004 instalou-se na escola o Centro de Formação de Almada Ocidental - PROFORMAR e o Centro de Competência Nónio 21, tornando-se também Centro de Reconhecimento, Validação e Certificação de Competências - CRVCC.

- No ano lectivo 2004/2005 esta escola foi pioneira na introdução dos Cursos Profissionais no ensino público com a implementação do Curso de Técnico de Análise Laboratorial.
- Entre o ano 2004 e o ano 2006 a escola realizou uma parceria com o Centro de Formação Profissional do Seixal para a leccionação de um Curso de Educação e Formação do tipo 2 na área de Operador Informático.
- Em 2005/2006 foi assinado um protocolo de colaboração e parceria entre a ESMC e a Universidade Sénior de Almada (USALMA).
- Em 2006 a escola integrou o projecto CRIE – Computadores Portáteis.
- No ano lectivo 2006/2007 foram iniciados um Curso de Educação e Formação do Tipo 2 na área de Operador Informático, uma turma Programa Integrado de Educação e Formação (PIEF) e integrou o programa para o Desenvolvimento para a Melhoria dos Resultados da Disciplina de Matemática.
- Ainda em 2006/2007 esta escola foi escolhida para participar no segundo programa de Territorialização de Políticas Educativas de Intervenção Prioritária – TEIP 2 e foi seleccionada como escola piloto para testar a implementação do “Projecto é! Educação para o Empreendedorismo”. Foi nomeada pelo Ministério da Educação Centro de Novas Oportunidades.
- Em Novembro de 2006, com este título, foi seleccionada para iniciar o processo de Reconhecimento, Validação e Certificação de Competências no nível de secundário.

2.2.2 Enquadramento Social

A Escola Secundaria do Monte de Caparica encontra-se localizada na freguesia do Monte de Caparica, que é uma vila pertencente ao concelho de Almada (distrito de Setúbal). Esta vila tem uma área com cerca de 56 km² e é a sede da freguesia de Caparica.

A população que envolve a esta escola possui características próprias que derivam de condicionantes de natureza sócio – geográficas, tais como, o crescimento progressivo da área

metropolitana de Lisboa e a continuidade do êxodo rural proveniente, sobretudo, do sul do país. O aumento significativo da população imigrante, na sua maioria em situação ilegal, é um fenómeno observável na sua população envolvente. Tem-se verificado em algumas áreas do Conselho de Almada uma elevada taxa de crescimento rural e uma desagregação do modelo económico tradicional, baseado num modelo de indústrias intensivas em mão-de-obra, ocorrendo um desenvolvimento no sector terciário.

A área de influência do Conselho de Almada foi consideravelmente alargada pela presença de pólos de investimento e equipamentos sociais, tais como, a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, o Instituto Superior das Ciências da Saúde, a Escola Superior de Educação, as Escolas Profissionais, o Hospital Distrital, o Instituto da Qualidade, o Almada Fórum, e pelos novos investimentos realizados recentemente em acessibilidades.

2.2.3 Oferta Educativa 2009/2010

Quadro 2.1

Oferta educativa 2009/2010 do Ensino Básico.

Ensino Básico Regular	Cursos de Novas Oportunidades	Reconhecimento Validação e Certificação de Competências
7.º ano	Cursos de Educação e Formação:	
8.º ano		
9.º ano	<ul style="list-style-type: none"> • Electricista de Instalações (nível 2) Tipo 2 • Empregado Comercial (nível 2) Tipo 2 	

Quadro 2.2

Oferta educativa 2009/2010 do Ensino Secundário.

Cursos Científico Humanísticos	Cursos de Novas Oportunidades	Reconhecimento Validação e Certificação de Competências
Ciências e Tecnologias	Cursos Profissionais:	
Ciências Socioeconómicas	<ul style="list-style-type: none"> Técnicos de Gestão e Programação Sistemas Informáticos 	
Línguas e Humanidades		
Artes Visuais	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação – <i>Marketing</i>, Relações Públicas e Publicidade Técnico de Comércio Técnico de Multimédia Técnico de Análise Técnico de Turismo 	
	Cursos de Educação e Formação para Adultos:	
	<ul style="list-style-type: none"> Escolar – certificação secundário Electrónica e Telecomunicações - certificação secundário e profissional 	

2.2.4 Laboratórios de Física e de Química

Na escola existe um laboratório de física e três laboratórios de química. Um dos laboratórios de química é destinado apenas às aulas laboratoriais do ensino básico. Encontra-se nesta escola todo o material necessário para a realização de todas as actividades experimentais que constam nos programas do Ensino Básico e Secundário. No entanto algum material não se encontra nas melhores condições.



Figura 2.1. Armários de reagentes.



Figura 2.2. Hotte.



Figura 2.3. Bancada laboratório química.



Figura 2.4. Bancada lab. química.



Figura 2.5. Balanças laboratório química.



Figura 2.6. Armários material de física.

3 Actividades desenvolvidas no âmbito do Estágio Pedagógico

3.1 Direcção de Turma

Faz parte do trabalho do estagiário o acompanhamento de uma Direcção de Turma. Uma vez que a orientadora do estágio não desempenhou esta função ao longo deste ano lectivo acompanhou-se o trabalho da Directora da turma A do 8.º ano. Escolheu-se esta turma uma vez que esteve ao cargo da Orientadora de Estágio a leccionação da disciplina de Ciências Físico-Químicas na referida turma e, por sua vez, previsto o trabalho de leccionação no âmbito do Estágio Pedagógico na mesma turma. A Directora da turma acompanhada é professora da disciplina de Língua Portuguesa dessa mesma turma.

Para coordenar o trabalho do Conselho de Turma o Director da escola designa o Director de Turma, preferencialmente, de entre os professores da turma. O Director de Turma é o coordenador de uma equipa de trabalho, cujo objectivo principal é criar as oportunidades que contribuam para um crescimento individual e colectivo ao nível intelectual, afectivo e cívico dos alunos da turma. O Director de Turma é o principal elo de ligação entre os alunos da turma, os professores e a família.

Ao Director de Turma é feita a redução de 2 segmentos de 45 minutos semanais da componente lectiva por cada turma atribuída. Um destes segmentos é designado para atendimento aos pais e Encarregados de Educação. Os restantes 45 minutos dedicaram-se ao registo semanal de faltas dos alunos, à análise de situações de alunos que apresentaram ao longo do ano lectivo assiduidade reduzida, à ponderação sobre a forma de actuar em situações

problemáticas de atitudes comportamentais por parte de alguns alunos, a elaboração de planos de recuperação ou a reflexão sobre a proposta dos alunos para regime de Tutoria.

Foram realizadas ao longo do ano lectivo reuniões de Encarregados de Educação. Nestas reuniões foram discutidas situações referentes à turma no geral, nomeadamente visitas de estudo, planos de prevenção relativamente a gripe A, comportamento e aproveitamento escolar da turma de um modo geral. Esclareceram-se algumas dúvidas dos encarregados de educação relativamente a trabalhos de avaliação que estavam em curso em algumas disciplinas, obras literárias cuja leitura foi encorajada na disciplina de Língua Portuguesa, data da Prova Intermédia da disciplina de Matemática, etc. Forneceu-se aos Encarregados de Educação informação relativamente a avaliação intercalar dos seus educandos.

Ao longo do ano lectivo também decorreram reuniões de Directores de Turma onde são discutidos assuntos de ordem legislativa e são dadas orientações aos Directores de Turma para execução do seu trabalho.

Ao Director de Turma do Ensino Básico é atribuída a área curricular não disciplinar de Formação Cívica. Ao longo do Ensino Básico, segundo o Despacho n.º 19308/2008 publicado no Diário da Republica, na Formação Cívica, devem ser desenvolvidas competências em educação para a saúde e sexualidade, educação ambiental, educação para o consumo, educação para a sustentabilidade, conhecimento do mundo do trabalho e das profissões, educação para o empreendedorismo, educação para os direitos humanos, educação para a igualdade de oportunidades, educação para a solidariedade, educação rodoviária, educação para os *media* e dimensão europeia da educação.

No acompanhamento realizado das aulas de Formação Cívica constatou-se a realização de várias actividades no âmbito da educação para a saúde, educação ambiental, educação para o consumo, educação para a sustentabilidade, educação para os direitos humanos, educação para a igualdade de oportunidades e educação para a solidariedade. Foram discutidos assuntos relacionados com o comportamento da turma e o seu desempenho. Elegeram-se o delegado e o subdelegado de turma e foi sempre dada a liberdade aos alunos de exporem eventuais problemas existentes entre alunos e as suas opiniões relativamente a situações que envolvessem professores, nomeadamente opiniões relativamente a metodologia de aulas ou atitudes consideradas menos correctas.

3.2 Actividade de Tutoria

No acompanhamento da direcção da turma A do 8.º ano, constatou-se a necessidade da atribuição de Tutoria a vários alunos. Uma vez que se verificou uma falta de professores para o cargo surgiu a oportunidade de incluir esta tarefa no Estágio Pedagógico.

Os programas de Tutoria são elaborados com a finalidade de conceder apoio e estratégias de estudo, orientação e aconselhamento do aluno que, de acordo com um documento interno em uso na escola, apresente algumas das seguintes características:

- Elevado insucesso escolar;
- Comportamento entrópico;
- Dificuldades de integração na turma escola;
- Falta de acompanhamento na família;
- Desmotivação para actividades escolares;
- Problemas de concentração/aprendizagem/organização;
- Problemas de comportamento e/ou disciplinares frequentes;
- Alunos de risco (exclusão/abandono e outros).

Estabelecem-se na escola como critérios de selecção do tutor um professor que reúna as seguintes características:

- Ser disponível e organizado;
- Estar motivado e preocupar-se;
- Ter bom senso;
- Ter uma boa relação com os alunos;
- Ser pragmático, responsável e interveniente;
- Saber manter uma relação de confiança com o (s) tutorando (os);

- Conhecer os critérios de avaliação do nível de ensino do tutorando;
- Estar atento.

Apresentaram-se aos tutores as seguintes funções:

- Conhecer / elaborar o perfil do aluno;
- Avaliar as necessidades do aluno e colaborar com o director de turma na sua resolução;
- Acompanhar o aluno nas actividades das diversas disciplinas;
- Ouvir o aluno;
- Ajudar o aluno a organizar-se (caderno diário, preparação para os testes, horário de estudo, trabalhos de casa);
- Apoiar o aluno na elaboração do seu plano de trabalho;
- Motivar o aluno para as actividades escolares;
- Promover alterações positivas nas atitudes e comportamentos;
- Reunir semanalmente, em horário definido com o tutorando;
- Participar na reunião de tutores;
- Elaborar relatórios para as reuniões de Conselho de Turma;
- Manter contacto com o Director de Turma do tutorando;
- Solicitar informação específica sobre o tutorando (Director de Turma, psicóloga escolar, Serviços de Acção Social Escolar).

Para a concretização das actividades de tutoria foram marcadas reuniões semanais de 45 minutos com o aluno. O aluno foi encorajado a levar propostas de trabalho para as reuniões, nomeadamente estudar para alguma disciplina em que ele sentisse maior dificuldade. Pretendeu-se incentivar o aluno a ser autónomo no seu trabalho escolar.

Para melhor desempenho do trabalho de tutoria construiu-se algum material de apoio. Elaborou-se uma ficha de perfil do aluno com algumas questões de interesse para o professor Tutor nomeadamente sobre os hábitos de estudo do aluno. Construiu-se um documento onde foram registadas as datas e os sumários de todas as reuniões de tutoria com o aluno. Prepararam-se algumas fichas de trabalho para realizar com o aluno em ocasiões em que o aluno não levasse propostas de trabalho para as reuniões.

O trabalho de tutoria não se revelou uma tarefa fácil. O aluno acompanhado em regime de tutoria para além de ser aluno da escola em que se realizou o Estágio Pedagógico é aluno na Academia de Música de Almada. Esta instituição proporciona aos jovens interessados uma formação especializada na área da música com reconhecimento oficial estabelecendo um paralelismo pedagógico. Algumas das disciplinas funcionam nas escolas de ensino regular, outras na Academia de Música. Os alunos ficam dispensados da componente artística do currículo: Educação Visual e Tecnologia, Educação Musical, Educação Visual, Educação Tecnológica e opção oferta da escola, conforme o ciclo. Podem ainda ficar dispensados da disciplina de Estudo Acompanhado e até da Área de Projecto na maior parte dos casos. Por outro lado o aluno frequenta as disciplinas de Formação Musical, Classe de Conjunto e Instrumento. O aluno acompanhado frequenta as três disciplinas de carácter musical na Academia de Música de Almada ficando dispensado das disciplinas de Educação Visual e Educação Tecnológica não Escola Secundária do Monte de Caparica.

O tutorando revelou-se bastante dedicado nas disciplinas que frequenta na referida academia em detrimento das disciplinas que frequenta na escola. Revela um grande interesse pela música e dedica muitas horas à prática do instrumento eleito (oboé), não demonstrando empenho nem trabalho nas disciplinas de carácter não musical. O insucesso escolar do aluno deve-se a uma constante falta de atenção e de concentração em sala de aula e de trabalho em casa. A postura do aluno em sala de aula demonstra alguma infantilidade para a sua idade (13 anos), mas não é de todo desrespeitosa em relação aos colegas ou aos professores. O aluno revela ser proveniente de um ambiente familiar estável e a mãe do mesmo contactou a escola com frequência de modo a estar a par da situação escolar do aluno. Revelou-se bastante perturbador para a família o diagnóstico de epilepsia no aluno no presente ano lectivo, factor que levou a alguma desestabilização do aluno e agravamento da sua situação escolar. A doença não foi diagnosticada de imediato e ao longo de todo o terceiro período o aluno foi alvo de vários exames médicos para o estudo do tratamento a aplicar.

Ao longo das reuniões de tutoria o aluno revelou grandes dificuldades na disciplina de Matemática mostrando falta de bases e dificuldade em entender os enunciados dos exercícios. Em outras disciplinas como em Ciências Físico-Químicas ou História o aluno mostrou nas reuniões uma completa alienação dos conteúdos leccionados nas disciplinas. Ao tentar colocar o aluno a par dos conteúdos leccionados pediu-se-lhe que lesse alguns textos no manual. Quando se pedia ao aluno que tentasse explicar o que leu por palavras próprias verificava-se uma notória dificuldade por parte do aluno nesse exercício. Constatou-se deste modo que o aluno possuía uma enorme dificuldade em compreender os textos, portanto resolveu-se realizar esse exercício sempre que possível. Ao longo das reuniões efectuadas com o aluno também se estabeleceram diálogos de modo a alertar o aluno para as consequências da sua falta de empenho e de o incentivar para realizar um esforço no sentido de melhorar o seu desempenho escolar. É de destacar que o aluno não frequentava a sala de estudo no primeiro período. Com o propósito de contrariar esse facto começou-se a realizar as reuniões de tutoria na mesma e verificou-se que o aluno começou a requeená-la de forma autónoma fora do horário de tutoria. Após um estudo realizado pelos professores responsáveis pela sala de estudo constatou-se que este aluno foi o que mais a frequentou no segundo período.

É de realçar que o acompanhamento do aluno em regime de tutoria não é o suficiente para combater todas as dificuldades do aluno, uma vez que tal apenas acontece uma vez por semana em reuniões de apenas 45 minutos. Neste caso em particular é necessário que o aluno desenvolva uma maior maturidade relativamente aos estudos com alguma colaboração dos pais. O aluno acompanhado concluiu o 3.º período com avaliação negativa às disciplinas de História, Ciências Naturais e Matemática. No entanto foi com enorme satisfação que se constatou no final do ano lectivo a transição para o 9.º ano do aluno acompanhado por decisão do Conselho de Turma.

É também tarefa do Tutor reunir com os restantes Tutores em reuniões designadas pelo Coordenador de Tutorias. Nessas reuniões, entre outros assuntos, é feito o balanço de Tutorias. Neste balanço cada professor relata a sua experiência de Tutoria. Ouvir o relato dos colegas revelou-se uma experiência enriquecedora. Nestas reuniões também são feitas sugestões entre os colegas de modo a resolver eventuais problemas que surjam nas Tutorias.

No final do ano lectivo realizou-se um relatório de Tutoria que deve ser entregue ao Director de Turma que será apresentado ao Conselho de Turma. Este relatório deve apresentar uma síntese das actividades desenvolvidas no âmbito dos comportamentos e atitudes, no

âmbito das aprendizagens, um balanço do acompanhamento efectuado e propostas a apresentar ao Conselho de Turma.

3.3 Actividades de divulgação da ciência

No âmbito da prática profissional foram desenvolvidas actividades de divulgação da ciência. Actualmente a divulgação da ciência tem sido interpretada como uma via para tornar acessíveis conhecimentos e tecnologias que ajudem a melhorar a qualidade de vida da população e que dêem suporte a desenvolvimentos económicos e sociais sustentáveis. Estas acções têm ainda um papel de grande importância no apoio às actividades escolares, não devendo contudo, ser vistas apenas pelo seu carácter complementar ao ensino formal uma vez que se dirigem a um público mais amplo que pode ser escolarizado ou não.

3.3.1 Projecto Ciência Viva: “Deste Sol que nos aquece e deste vento que nos refresca!”

Este projecto destinou-se a realizar actividades experimentais no campo das energias renováveis com alunos do Ensino Básico e Secundário. O projecto teve como principal objectivo a exploração dos conceitos através da verificação experimental utilizando kits adequados (kit básico de estudo da energia solar e kit básico de estudo da energia eólica) para posterior construção de um protótipo de uma torre com um aerogerador a instalar na Escola Secundária do Monte de Caparica no âmbito da disciplina de Área de Projecto do 12.º ano.

No âmbito do trabalho de Estágio Pedagógico realizou-se a exploração do kit de energia eólica. Foram elaborados guiões de actividades laboratoriais ao nível dos alunos que frequentam a disciplina de Física no 12.º ano e a posterior exploração do kit com o grupo de alunos responsável pela construção do protótipo de um aerogerador no âmbito da disciplina de Área de Projecto.

Foi também elaborado um guião com actividades de exploração do kit de energia eólica destinadas a alunos do 9.º ano no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas e das transformações energéticas. A exploração do kit foi também realizada pela professora

estagiária com uma turma do 9.º ano a pedido do professor responsável pela disciplina nessa mesma turma.

Competiu também à professora estagiária a exploração do kit de energia solar e a construção de dois guiões com actividades de exploração do mesmo, destinados ao nível do 8.º ano. Uma vez que na disciplina de Ciências Físico-Químicas, a este nível, ainda não foi abordada a noção de condução de corrente eléctrica necessária para a compreensão destes conceitos, foi elaborada uma pequena apresentação para o efeito. Esta apresentação consistiu numa breve abordagem às energias renováveis e às células fotovoltaicas na sua constituição e no seu funcionamento. Antes de abordar o funcionamento das células fotovoltaicas foi apresentado o filme *Entre o mais e o menos (Voyage en Electricite)* que explica de um forma simpática o fenómeno da condução da corrente eléctrica.

Finalmente organizou-se uma visita de estudo à Central Solar Fotovoltaica de Amareleja e à barragem de Alqueva com uma turma de alunos do 8.º ano no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas e com uma turma de alunos do 12.º ano no âmbito da disciplina de Área de Projecto. Para avaliação da visita de estudo construiu-se uma ficha formativa com algumas questões sobre os conteúdos abordados na mesma.

3.3.2 Divulgação da ciência no 1.º Ciclo

Esta actividade foi desenvolvida na Escola Básica 1/ Jardim de Infância do Monte de Caparica, tendo como objectivo cativar o interesse das crianças desde tenra idade para a ciência. Monitorizaram-se algumas actividades experimentais acessíveis aos alunos do 1.º Ciclo tendo em atenção as competências essenciais para as Ciências Físicas e Naturais que se encontram no Currículo Nacional do Ensino Básico.

Para concretizar este objectivo elaborou-se um projecto apresentando os objectivos e as actividades a desenvolver com os alunos assim como os guiões das actividades a apresentar aos alunos. Os guiões foram elaborados com a fundamentação teórica necessária numa linguagem acessível. O projecto foi apresentado na escola básica. Uma vez aceite a colaboração da escola com a professora estagiária foi preparado o material necessário. Teve-se especial atenção em seleccionar actividades cuja elaboração fosse simples e que requeresse material de fácil aquisição de modo a incentivar os alunos a realizar as actividades em casa com os irmãos, com os pais ou com os amigos de modo a abranger um público ainda maior.

Optou-se também por realizar uma pequena reflexão com os alunos sobre o meio ambiente e as energias renováveis. Para o efeito fez-se uma demonstração com um carrinho e um avião solares. Incluiu-se a actividade experimental “vulcão em erupção!” uma vez que a escola possuía material para a construção dos vulcões mas os professores não sabiam executar a actividade.

Realizaram-se as actividades em três turmas (1.º, 2.º e 3.º anos). Os alunos e os professores reagiram de forma positiva às actividades apresentadas. As actividades que mais agradaram tanto aos alunos como aos professores foram a “pintura em movimento”, “flores flutuantes” e a demonstração com o carrinho e o avião solares.

3.4 Actividades laboratoriais

Faz parte do trabalho do estagiário o registo de laboratório de cinco actividades laboratoriais. Uma vez que o estágio consistiu no acompanhamento de duas turmas, uma do 8.º ano e outra do 12.º, aproveitou-se tal facto para a elaboração desta tarefa. Elaboraram-se guiões versão aluno e versão professor com o respectivo tratamento dos registos efectuados das actividades experimentais seguintes:

- Máquina de Atwood;
- Atrito estático e cinético;
- Pêndulo gravítico;
- Coeficiente de viscosidade de um líquido;
- Campo eléctrico e superfícies equipotenciais;
- Condensador plano;
- Reacções químicas.

Destaca-se aqui a importância de uma prévia execução integral das actividades experimentais a efectuar com os alunos de forma a testar o material a utilizar e a minimizar possíveis imprevistos no decorrer da aula.

3.5 Visitas de estudo

A visita de estudo é mais do que um passeio uma vez que acciona a interligação entre teoria e prática, entre a escola e a realidade. No Estágio Pedagógico colaborou-se com vários professores para atingir este objectivo ao nível das disciplinas que leccionam. Para o efeito acompanharam-se as seguintes visitas de estudo:

- Fundação Calouste Gulbenkian. Conferência: Nas Fronteiras do Universo. Da Ilha do Príncipe aos Confins do Universo. (11 de Novembro de 2009, no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas 10.º ano e 11.º ano e Física 12.º ano);
- Passeio em Belém (16 de Dezembro de 2009, no âmbito da disciplina de Educação Visual 8.º ano);
- Exposição Fazer Caminhos no Museu da Cidade (Almada) e Biblioteca Municipal de Almada. (29 de Janeiro de 2010, no âmbito das disciplinas de Geografia e Português 8.º ano);
- Visita a Central Solar de Amareleja e a barragem de Alqueva. (21 de Abril 2010, no âmbito do projecto Ciência Viva e das disciplinas de Física e Área de Projecto 12.º ano).

3.6 Lição interactiva

Faz aparte das tarefas incumbidas ao professor estagiário a construção de uma lição interactiva no âmbito do ensino superior. Preparou-se esta lição com recurso ao do *software* de *e-learning* Moodle. Este *software* é resultado de um projecto desenhado para dar suporte a uma abordagem social construcionista do ensino.

O tema da lição é Oscilador Harmónico Simples. A lição consiste numa introdução ao movimento harmónico em que se refere o que se entende por um oscilador harmónico e de que forma este pode ser classificado. Em seguida na página da introdução existem três ligações. Uma das ligações conduz a um filme que aborda o tema de forma mais aprofundada. As restantes ligações conduzem a animações, uma com massas e molas e outra com um

pêndulo. Finalmente apresentam-se algumas questões de escolha múltipla sobre o tema. Em cada pergunta o aluno tem informação imediata se a opção seleccionada está correcta ou errada.

3.7 Ciências Físico-Químicas – 8.º ano

3.7.1 Orientação Curricular

Segundo o Departamento da Educação Básica do Ministério da Educação, a opção pelo termo orientações curriculares, em vez de programas, tem como objectivo assinalar a ideia da flexibilização curricular. Pretendendo com esta designação dar ênfase às possibilidades de gestão de conteúdos e de implementação de experiências educativas, por parte dos professores, de acordo com alunos e contextos diferenciados.

O tema organizador das competências específicas a desenvolver na disciplina de Ciências Físico-Químicas no 8.º ano intitula-se “Sustentabilidade na Terra”. Com este tema a orientação curricular sugere que os alunos realizem uma aprendizagem das ciências numa perspectiva global e interdisciplinar, em que se valorize as competências e os conhecimentos pela aprendizagem activa e contextualizada.

As questões orientadoras deste tema são:

- Quais são as consequências das aplicações científicas e tecnológicas para a Terra?
- Quais são as consequências para a Terra da utilização desregrada dos recursos naturais?
- Como podemos contribuir para a sustentabilidade da Terra?
- Por que estão os ecossistemas em equilíbrio dinâmico?
- De que modo a Ciência e a tecnologia rentabilizam a utilização dos recursos naturais?
- De que modo a humanidade tem contribuído para a mudança global?

3.7.2 Planificação

A planificação das aulas foi sempre resultado de um trabalho em equipa fruto de reuniões semanais entre as professoras que leccionaram a disciplina. Participou-se nestas reuniões assídua e activamente ao longo do ano lectivo. No horário das professoras responsáveis pela leccionação da disciplina apenas estavam destinados 45 minutos semanais para este exercício, no entanto, dedicaram-se no mínimo 90 minutos semanais a estas reuniões. As mesmas também serviram de espaço para a discussão de métodos e critérios de avaliação, assim como para a construção de elementos de avaliação.

Tendo em conta que ao 8.º ano apenas são destinadas duas aulas semanais com a duração de 45 minutos cada, foi realizada uma planificação anual das aulas desta disciplina para cada turma. Existiram nesta escola, este ano lectivo, três turmas de 8.º ano.

Uma vez que no 8.º ano apenas se leccionou na turma A apresenta-se aqui apenas a planificação anual da mesma.

Quadro 3.1

Síntese da planificação anual das aulas de ciências físico-químicas da turma A do oitavo ano.

Período	Unidades a leccionar	Nº aulas T e T/P e Lab.
1.º	Unidade 6 – Som e Luz	28
2.º	Unidade 6 – Som e Luz (continuação)	8
	Unidade 7 – Reacções Químicas	+
		16
3.º	Unidade 7 – Reacções Químicas (continuação)	10
		+
	Unidade 8 – Mudança Global	4
Total		66

Esta planificação foi feita estimando o número de aulas previstas atendendo-se ao dia da semana em que as aulas seriam leccionadas, tendo-se em conta os feriados que ao longo do ano iriam coincidir com as mesmas. No entanto é pertinente referir que o número de aulas

previstas não engloba apenas aulas destinadas à leccionação de conteúdos curriculares. Estas aulas destinam-se também as aulas dedicadas à avaliação (testes de avaliação e auto-avaliação), ao esclarecimento de dúvidas para os testes, à entrega e correcção dos testes de avaliação, etc. O professor deve também estar ciente de que deve contar sempre com menos aulas do que esperado dando margem para eventuais imprevistos. As aulas de Ciências Físico-Químicas da turma A do 8º ano desta escola decorreram à Quinta-feira, por tanto coincidiram com algumas greves da função pública, sendo este um exemplo de um imprevisto.

Após esta primeira planificação, foram feitas três planificações a médio prazo ao longo do ano lectivo. Relativamente à sequência dos conteúdos a leccionar decidiu-se respeitar a sequência seguida no manual adoptado pela escola:

Caldeira, C., Neves, M. Valadares, J. & Vicente, M.(2007). *Ciências Físico - Químicas - Sustentabilidade na Terra* (1.ª ed.). Lisboa: Didáctica Editora Lda.

Foi feita uma planificação a médio prazo para a leccionação da subunidade *Som*, uma planificação a médio prazo para a leccionação da subunidade *Luz* e outra para o mesmo efeito da unidade *Reacções Químicas*. Relativamente a unidade *Mudança Global*, uma vez que os mesmos conteúdos são abordados nas disciplinas de Ciências Naturais e na disciplina de Geografia, e devido à impossibilidade de abordar tudo o que é proposto nas orientações curriculares optou-se por não abordar esta unidade de todo. Em contra partida, abordou-se a unidade *Gestão Sustentável dos Recursos*. Não foi feita uma planificação a médio prazo para esta unidade uma vez que ficou decidido que estes conteúdos seriam alvo de um trabalho realizado pelos alunos. Este trabalho foi realizado no decorrer das aulas do terceiro período na disciplina de Área de Projecto e Formação Cívica. Formaram-se cinco grupos e cada grupo trabalhou um dos temas as que constituem a unidade:

- Os recursos da Terra são limitados;
- Recursos naturais e desenvolvimento sustentável;
- Gestão sustentável da energia;
- A água, um bem precioso;
- Ambiente, matéria-prima e criação de valor.

O trabalho consistiu em realizar um blogue abordando os aspectos essenciais do tema que foi apresentado aos colegas e aos professores no final do período.

3.7.3 Leccionação

As aulas leccionadas pela professora estagiária no 8.º ano foram estipuladas quando se realizou a construção das planificações a médio prazo. A Orientadora de Estágio sugeriu os conteúdos das aulas a leccionar e as sugestões foram aceites. Sendo assim atribuí-se à professora estagiária a oportunidade de planificar três aulas. As aulas de Ciências Físico – Químicas no ensino básico, nesta escola, apenas são assistidas por metade dos alunos que constituem a turma (12 alunos) ao longo de noventa minutos. Os restantes elementos da turma, nesse intervalo de tempo, encontram-se na aula de Ciências Naturais. Assim sendo, planificaram-se três aulas, mas leccionaram-se seis aulas de noventa minutos cada.

Todas as aulas leccionadas pela professora estagiária foram assistidas pela professora Orientadora de Estágio.

Aula n.º 1 e 2: Grandezas Características das Ondas

Breve descrição da aula

- Distinção entre movimento oscilatório e movimento ondulatório.
- Grandezas características das ondas: período, frequência, comprimento de onda e amplitude.

Tempo

90 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Reconhecer que as ondas possuem características tais como amplitude, período e frequência que as distinguem entre si.
- Assimilar que o movimento oscilatório das partículas ao propagar-se à distância origina o movimento ondulatório.

- Identificar num movimento ondulatório o que se entende por:
 - Amplitude;
 - Período;
 - Frequência;
 - Comprimento de onda.

Principais dificuldades previstas

Distinguir o movimento oscilatório do movimento ondulatório.

Desenvolvimento da aula

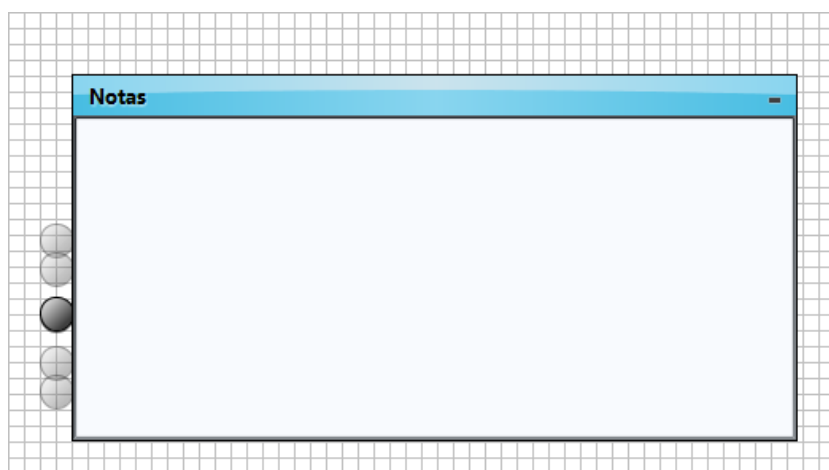


Figura 3.1. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

Pedir aos alunos que descrevam o movimento da partícula.

Espera-se como resposta... Sobe e desce, ..., etc.

Movimento oscilatório.

Quanto tempo demora a partícula a efectuar uma oscilação?

Espera-se como resposta... 20 segundos.

Ao tempo que uma partícula demora a efectuar uma oscilação chamamos de **período**.

Se em 20 segundos a partícula executa uma oscilação, quantas oscilações ela realiza em 1 segundo?

(Note que como não é uma oscilação inteira isto pode ser **complicado para o aluno** de responder).

$$\frac{1 \text{ oscilação}}{20 \text{ segundos}} = \frac{? \text{ oscilações}}{1 \text{ segundo}}$$

$$\text{n.º de oscilações por segundo} = \frac{1}{20}$$

Chamamos de **frequência** ao número de oscilações que a partícula executa em cada segundo.

A frequência de oscilação desta partícula é 0,05 Hz.

(Fazer referência ao **SI**).

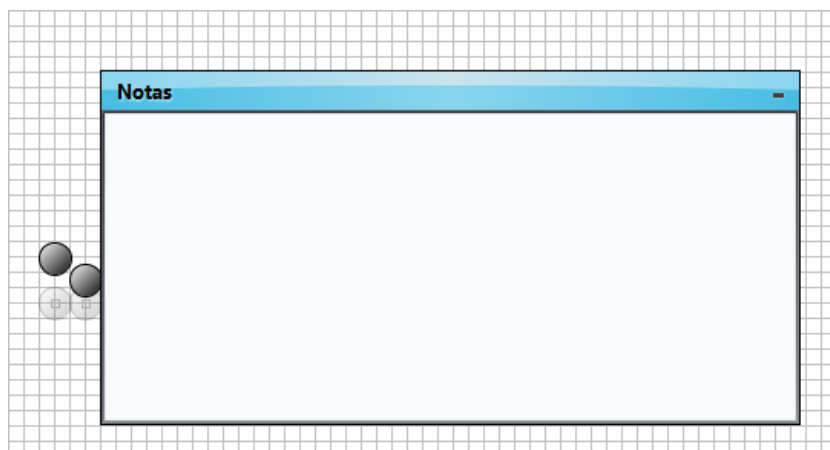


Figura 3.2. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

Esta partícula parte um “bocadinho” depois da outra e parece que “vai atrás dela”. A segunda partícula tem o mesmo movimento que a primeira?

(Espera-se como resposta... Sim.)

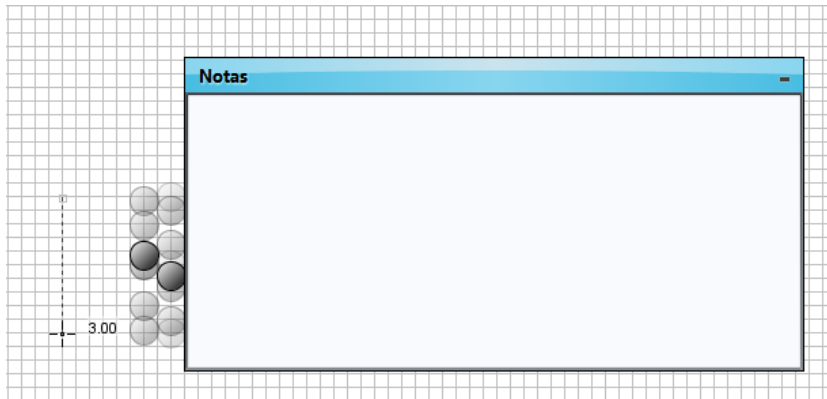


Figura 3.3. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

Quando esta partícula executa uma oscilação percorre a mesma distância que a primeira?

E demora o mesmo tempo que a primeira a efectuar a oscilação?

(Espera-se como resposta... Sim a ambas as questões.)

Então podemos afirmar que as duas partículas se movimentam com a mesma velocidade!

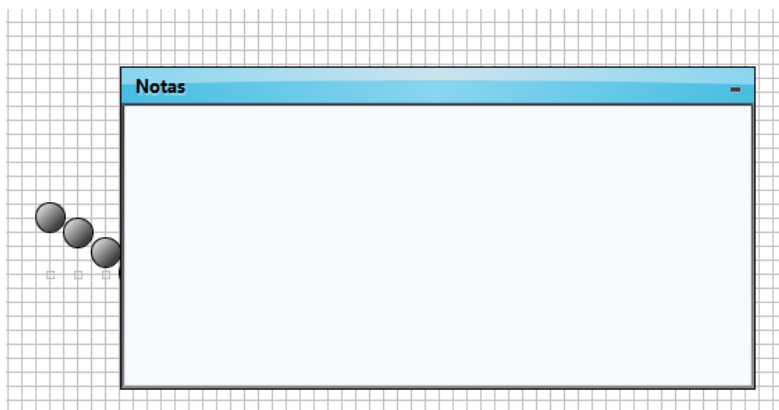


Figura3. 4. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

E uma terceira partícula?

Podemos afirmar que a terceira partícula parte uma pouco mais atrasada que a segunda mas movimenta-se nas mesmas condições que as outras duas!

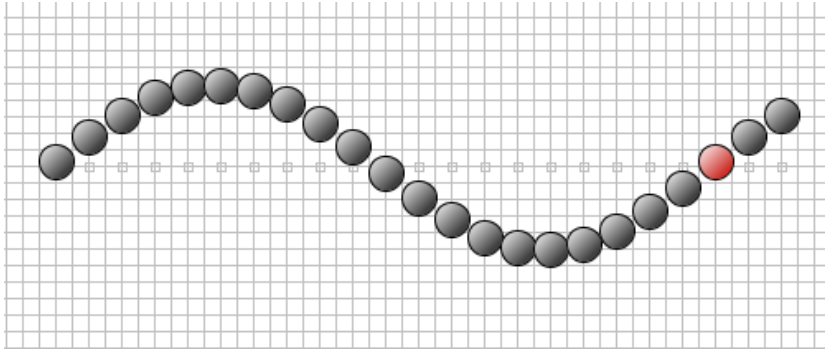


Figura3. 5. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

O **movimento oscilatório** das partículas ao propagar-se à distância origina o **movimento ondulatório**.

E temos uma onda!

Lembras-te do patinho da página 14 do teu livro?

É como se ele estivesse sobre aquelas partículas!

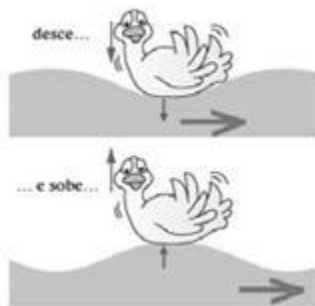


Figura 3.6. Imagem do manual.

O que é que a partícula vermelha tem de especial?

Repara que ela só parte quando a primeira partícula executa uma oscilação completa!

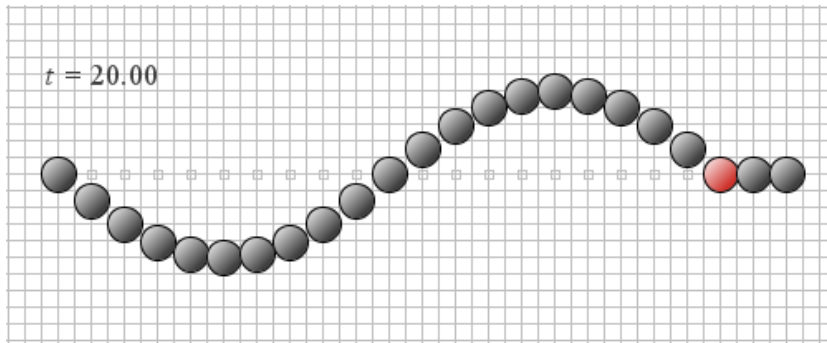


Figura 3.7. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

O **comprimento de onda** é a distância percorrida pela onda em cada período

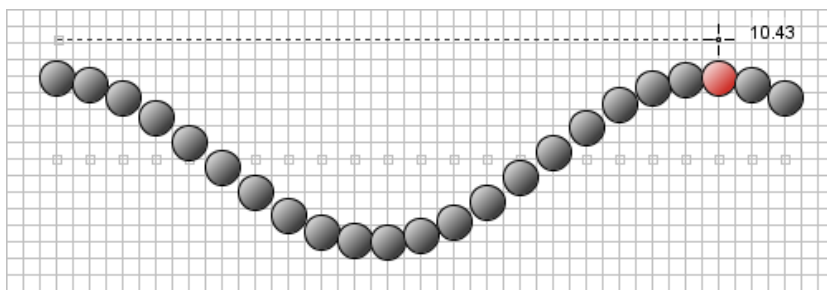


Figura 3.8. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

A forma mais simples de medir o comprimento de onda é medindo a distância entre uma crista (ou um vale) e a crista seguinte (ou o vale seguinte).

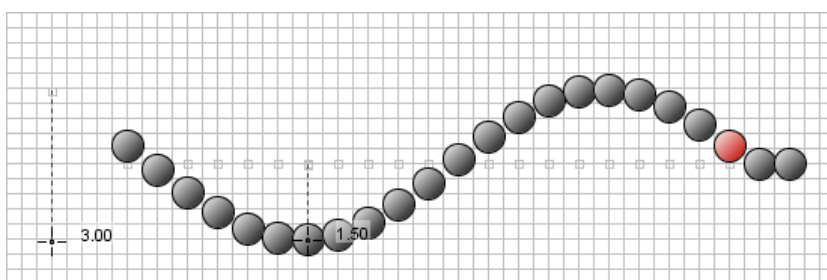


Figura 3.9. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

A **amplitude** das ondas é metade da distância entre as suas posições extremas.

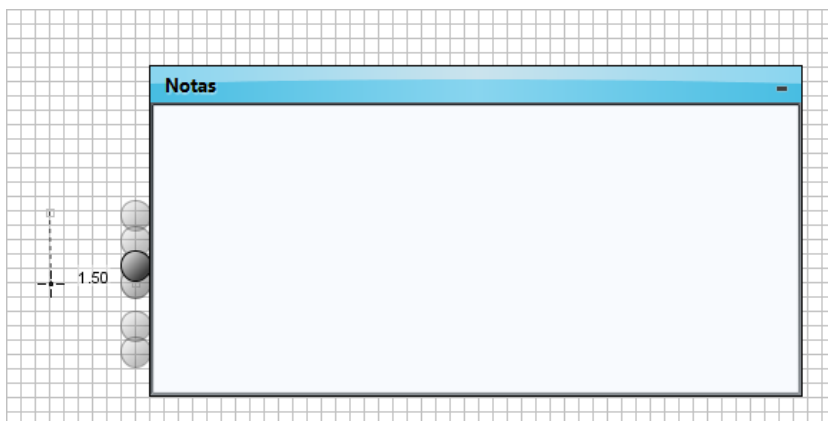


Figura 3.10. Imagem da janela do software Modellus 4.01.

Nota que numa oscilação são percorridas quatro amplitudes!

(Resolução da ficha formativa.)

Estratégias/ Actividades

- Utilizar o exemplo *wave,transversal.modellus* do software *Modellus 4.01*. como apoio ao desenvolvimento da aula.

Nota: O *Modellus Interactive Modelling with Mathematics* é um software livre. Este software é desenvolvido com o apoio do Ministério da Educação, a Fundação para a Ciência e a Tecnologia, pelo projecto *IT for Understanding Science*, pelo *Institute of Physics* e pela Unidade de Investigação Educação e Desenvolvimento da FCT-UNL. Poderá ter acesso ao mesmo através do site <http://modellus.fct.unl.pt/>.

- Ficha formativa de forma a consolidar os conceitos abordados.

Materiais/ Recursos

- Computador;
- Software *Modellus 4.01*;
- Projector de ecrã;
- Quadro.

Avaliação

- Ficha formativa;
- Teste de Avaliação.

Reflexão

Iniciou-se a aula solicitando aos alunos que nomeassem os conceitos que discutiram em aulas anteriores. Os alunos referiram sem hesitar: oscilações, som e ondas. Quando os alunos nomearam as ondas, solicitou-se que mencionassem quais eram os tipos de ondas que conheciam e souberam responder que eram as ondas transversais e as ondas longitudinais. Referiu-se que as ondas possuem características que permitem distingui-las umas das outras e que iríamos ver isso nesse dia estudando a onda transversal. Posteriormente exibiu-se no software Modellus uma partícula com movimento oscilatório como referido no plano da aula. Os alunos foram orientados de modo a chegar à conclusão de que a partícula efectuava um movimento oscilatório. Elucidou-se que o pêndulo e a mola são objectos que possuem a característica de efectuar movimentos oscilatórios mostrando-lhes uma mola a oscilar e improvisando um pêndulo com o rato do computador. O decorrer do resto da aula foi basicamente o seguimento do plano da aula, tentando sempre que fossem os alunos a chegar às conclusões que se pretendia transmitir, recordando também assuntos dos quais eles tinham ouvido falar em aulas anteriores. O cálculo da frequência de oscilação da partícula foi feito em cada turno por um aluno no quadro.

Foi com satisfação que se verificou o *feedback* dos alunos uma vez que manifestaram uma atitude positiva relativamente ao software utilizado e foram participativos ao longo de toda a aula fazendo perguntas e observações bastante pertinentes.

Após a abordagem de todos os conteúdos previstos e de os alunos terem exposto todas as suas dúvidas foi-lhes entregue uma ficha formativa. Os alunos resolveram individualmente a ficha formativa recorrendo sempre que necessário ao esclarecimento de dúvidas com a professora estagiária. Esta ficha tinha como objectivo, por um lado, consolidar os conceitos abordados e familiarizar os alunos com o estudo das características das ondas em formato de papel uma vez que os conceitos foram abordados com imagens animadas. Por outro lado a

ficha formativa serviu para que a professora estagiaria adquirisse uma maior consciência das dificuldades dos alunos. Após a recolha das fichas ficou concluída a aula.

Realizou-se um estudo das respostas dos alunos à referida ficha e concluiu-se que 71% dos alunos respondeu à maioria das questões de forma correcta.

Outras conclusões advindas das respostas dos alunos:

- A maioria dos alunos teve dificuldade em converter centímetros em metros.
- Os alunos possuem grandes dificuldades na interpretação de gráficos.
- Uma parte significativa dos alunos confundiu o comprimento de onda com o comprimento da imagem que ilustrava a onda.
- Vários alunos tiveram dificuldade em compreender que hertz é a unidade da frequência.

Com base nestes resultados conclui-se que o plano de aula resultou de forma positiva.

Aula n.º 3 e 4: O ouvido e a audição

Breve descrição da aula

- Estudo da anatomia do ouvido humano e da audição.
- Espectro sonoro.

Tempo

90 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Reconhecer o som como sendo um dos veículos mais importantes de transmissão da informação.
- Identificar o papel fundamental do cérebro nas percepções auditivas.
- Conhecer o papel do ouvido no equilíbrio.

- Assimilar que alguns comportamentos adoptados podem ser prejudiciais para uma boa audição.
- Distinguir ruído de um som musical.
- Conhecer o espectro sonoro
- Verificar que o espectro sonoro não é o mesmo para todos os animais e que as frequências produzidas e ouvidas por cada animal não coincidem.

Principais dificuldades previstas

- Assimilar que a vibração das partículas é transmitida através do ouvido mas que é o cérebro que as interpreta.
- Compreender a sensibilidade do ouvido e sua possível lesão.
- Conceber o tamanho relativo das diferentes partes constituintes do ouvido humano e suas interligações.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

Para que serve o ouvido?

(Resposta esperada: Para ouvir...)

E porque temos dois?

(Resposta esperada: Para ouvir melhor...)

A principal vantagem de ter dois ouvidos é ajudar a **localizar** o som.

Os nossos ouvidos captam sinais sonoros provenientes de várias direcções. Estes sinais são transmitidos ao cérebro, onde são decodificados dando-lhes um sentido. Uma das mensagens importantes que o nosso cérebro nos transmite é de onde vem o som. Sons da nossa direita, esquerda, de cima e de baixo chegam a cada um dos nossos ouvidos em tempos ligeiramente diferentes e com intensidades diferentes.

A audição não serve apenas para comunicar mas também para nos alertar do perigo!

Exemplo:

Imaginem-se a atravessar uma rua e um carro a aproximar-se: o ouvido mais próximo do carro receberá o som alguns milissegundos mais cedo do que o outro e um pouco mais forte. Usando as informações captadas por cada ouvido, o cérebro é capaz de calcular a direcção do carro e estimar a sua proximidade.

(Pede-se a colaboração de um aluno, faz-se com que o aluno de umas voltas sobre o seu próprio eixo.)

(Questiona-se o aluno de como se esta a sentir.)

(Resposta esperada: Tonto...)

Qual é a parte do nosso corpo responsável por esse mal-estar?

(Resposta esperada: A cabeça, o estômago...)

Essas tonturas ou mal-estar são causados pelo nosso ouvido!

O ouvido também ajuda o cérebro a controlar o **equilíbrio** do nosso corpo detectando a orientação e o movimento (mais a frente será explicado com maior pormenor).

Agora já temos uma noção geral das funções do ouvido, vamos estudar a sua constituição com algum pormenor.

(São formados quatro grupos de três alunos e a cada grupo é dado um modelo anatómico do ouvido humano.)

Recordando...

As vibrações de uma fonte sonora comprimem e descomprimem sucessiva e periodicamente o ar em volta da fonte sonora. Formam-se consecutiva e alternadamente zonas de compressão e zonas de rarefacção do ar que se propagam no espaço, na direcção da vibração que lhes deu origem, deste modo o som propaga-se sob a forma de ondas...

...Ondas longitudinais!

A parte visível do nosso ouvido chama-se **pavilhão auditivo**.

Qual é a utilidade da sua forma?

O pavilhão auditivo reúne as vibrações e direcciona-as para o canal auditivo externo, a sua forma facilita esta função.

Mostrar em PowerPoint o slide com a figura “animada” do ouvido humano.

Como podes ver na imagem as ondas que transmitem o som são captadas pelo pavilhão auditivo e dirigidas para o canal auditivo externo ate atingirem o **tímpano** que é uma membrana muito fina que vibra quando estas ondas o alcançam.

Acabamos de estudar aquilo a que chamamos o **ouvido externo**.

O **ouvido médio** é constituído por três ossos muito pequenos cuja função é amplificar (tornar mais fortes) as vibrações que o tímpano lhes transmite.

Os três ossos que constituem o ouvido médio são: o **martelo**, a **bigorna** e o **estribo**.

O martelo passa as vibrações do tímpano para a bigorna, que por sua vez, as passa para o estribo que é o osso mais pequeno do corpo humano e tem a forma de U e passa as vibrações para o **caracol** que é a parte mais importante do **ouvido interno**.

O caracol encontra-se cheio de fluido e revestido interiormente de pequenos pêlos (**células receptoras**) que se movem devido às vibrações transmitidas pelo estribo e provocam um impulso nervoso.

Os **canais semi-circulares** são três voltas de tubos cheios de fluido que estão agarrados ao caracol no ouvido interno e que nos ajudam a manter o sentido de equilíbrio.

O ouvido interno encontra-se alojado no osso mais duro do corpo humano.

O **nervo auditivo** leva os sinais electroquímicos do ouvido interno para o cérebro que os interpreta.

(Mostrar em PowerPoint o slide com a figura do espectro sonoro da página 30 do manual.)

(Explica-se aos alunos como se faz a leitura do espectro exemplificando o caso do homem.)

Os sons de frequências de 0 Hz a 20 Hz constituem a zona dos **infra-sons** e os sons com frequências superiores a 20000 Hz constituem a zona dos **ultra-sons**.

Realça-se que o homem ouve um leque de frequências maior do que aquele que produz.

Pergunta-se aos alunos quais os animais que constam do espectro que produzem frequências que o homem não ouve, e quais aqueles ouvem frequências que os não ouvimos e em que zona do espectro se encontram essas frequências.

(Apresentação do episódio *O ouvido* da série *Era uma vez... O Corpo Humano*.)

Estratégias/ Actividades

- Utilizar modelos anatómicos do ouvido humano com o objectivo de facilitar aos alunos a concepção do tamanho relativo das diferentes partes constituintes do ouvido humano e suas interligações e sensibiliza-los para a fragilidade dos mesmos.
- Projectção de uma imagem animada da constituição do ouvido humano para apoiar o desenvolvimento da aula.
- Projectção da imagem do espectro sonoro que se encontra no manual adoptado pela escola para apoiar o desenvolvimento da aula.
- Apresentação do episódio *O ouvido* da série *Era uma vez... O Corpo Humano*, de forma a consolidar os conteúdos abordados de forma leve e divertida.
- Proporcionar aos alunos previamente um documento com a caracterização das personagens do filme de modo a que os alunos tirem o maior proveito do filme.

Materiais/ Recursos

- Quatro modelos anatómicos do ouvido humano;
- Projector de ecrã;
- Computador;
- PowerPoint;
- Episódio *O ouvido* da série *Era uma vez... O Corpo Humano*;
- Colunas.

Avaliação

Teste de avaliação

Reflexão

A aula no primeiro turno foi assistida pela Orientadora de Estágio (professora Cremilde Caldeira) pelo Orientador Pedagógico (professor Dr. Vítor Duarte Teodoro).

O principal objectivo estabelecido para esta aula foi o de sensibilizar os alunos para a importância de uma boa audição para o ser humano, para a grande sensibilidade do ouvido humano e os riscos que, nomeadamente, ouvir música alta representam para uma quebra de audição.

Seguiu-se a aula, no turno da manhã, conforme estipulado no plano de aula com a excepção de uma intervenção, de aproximadamente 15 minutos, do professor Vítor Teodoro que com o auxílio do software *Audacity* praticou alguns exercícios com os alunos de noção de fracção e números decimais sobre diferentes exemplos de sinais sonoros produzidos pelos próprios alunos.

O facto de o primeiro turno ser constituído por alunos mais agitados e de e ter-lhes sido entregue um modelo anatómico do ouvido humano (desmontável), fez com que não fosse possível desenvolver uma das estratégias planificadas que consistia em que os alunos comparassem o modelo anatómico com a imagem projectada a medida em que era apresentada a constituição do ouvido humano. A estratégia não funcionou pois os alunos desmontaram o modelo.

O segundo turno não contou com a presença do Orientador Pedagógico mas seguiu-se algumas sugestões dadas por ele no fim da aula do primeiro turno. Apresentou-se toda a constituição do ouvido humano e o seu funcionamento apenas com o apoio do PowerPoint. No final pediu-se aos alunos formassem grupos de 3, deu-se-lhes o modelo para que o comparassem com uma imagem do ouvido humano que está no manual e pediu-se-lhes que completassem a legenda dessa figura. Despendeu-se algum tempo em cada grupo verificando se os alunos identificavam correctamente no modelo onde estavam as várias partes constituintes do ouvido e verificou-se se estavam a completar correctamente a legenda da figura. Esta estratégia funcionou perfeitamente, mas é de realçar que este turno é constituído

por alunos com características diferentes às dos colegas do outro turno, sendo mais calmos e bem comportados.

Destaca-se aqui a pertinência da utilização do modelo anatómico do ouvido humano para consciencializar os alunos da dimensão e fragilidade os seus constituintes. Outra estratégia adoptada no desenvolvimento da aula foi discutir com aos alunos algumas questões, nomeadamente: Se houver perfuração do tímpano há perda de audição? Porquê? O que pode ocasionar essa ruptura? E se as células receptoras forem destruídas há perda de audição? Porquê? O que pode ocasionar essa destruição? Neste exercício a professora estagiária orientou alunos para as respostas correctas.

Com esta aula constatou-se a grande vantagem que a experiência representa na vida de um professor pois as sugestões dos orientadores fizeram a diferença nas duas aulas. Independentemente dos conhecimentos sobre física e sobre química, a forma em como um professor interagir com os seus alunos e apresentar as suas aulas será relevante no aproveitamento dos alunos. Comprovou-se que manter os alunos sempre ocupados, alternar entre o discurso do professor e a escrita dos alunos, uma vez que os alunos não conseguem estar durante longos períodos de tempo focados no discurso do professor, e excluir qualquer hipótese de distração são chaves para uma aula com um maior rendimento. Esta aula foi bastante enriquecedora pois confirmou-se que há coisas sobre o ensino que só a experiência é capaz de ensinar.

Aula n.º 5 e 6: A visão humana - deficiências e correcções

Breve descrição da aula

- Estudo da anatomia do olho humano e da visão.
- Paralelismo entre o olho humano e a máquina fotográfica.
- Deficiências da visão e correcções.

Tempo

90 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Assimilar que o sentido de visão não se cinge aos olhos, uma vez que as imagens são processadas no cérebro.
- Conhecer a constituição do olho humano e o seu funcionamento.
- Conhecer a analogia existente entre o olho humano e a máquina fotográfica.
- Identificar alguns defeitos de visão.
- Verificar a utilidade das lentes na correcção das doenças de visão.

Principais dificuldades previstas

- Assimilar que a luz difundida pelo objecto penetra no olho e sensibiliza determinadas células situadas na retina.
- Assimilar que informação que as células sensoriais recebem é enviada ao cérebro através do nervo óptico e é então o cérebro que interpreta essa informação.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

Os nossos olhos são sensíveis à luz, como nossos ouvidos ao som.

Para que exista audição é necessário que exista uma fonte sonora. Do mesmo modo, os objectos tem que ser iluminados ou possuir luz própria para que os possamos ver. Por isso se estivermos numa sala que se encontra iluminada por apenas uma lâmpada, se desligarmos essa mesma lâmpada, deixamos de ver.

O facto de possuímos dois olhos, e não só um, permite-nos alargar o campo de visão. Por outro lado, com dois olhos, temos uma noção mais exacta das distâncias, assim como uma perspectiva mais correcta do que vemos.

Experimenta tapar um olho e vê a diferença.

Para compreender o processo de visão é fundamental conhecer a constituição e o funcionamento do olho humano.

(Apresentação do filme *O olho humano* Texto Editores.)

(Entrega de ficha sobre a constituição e funcionamento do olho humano e pede-se aos alunos que completem a ficha com base na explicação do filme e no seu manual.)

(Faz-se a correcção da ficha.)

(Apresentação de PowerPoint.)

(slide 1)

Mas afinal como é que a luz entra nos nossos olhos para que se possam ver os objectos?

(slide 2)

Quando luz que atinge a superfície da córnea sofre um grande desvio.

A luz atravessa a pupila (devido ao desvio que sofreu anteriormente) cuja abertura foi regulada pela íris.

(slide 3)

A luz que atravessou a íris atinge o cristalino que, do mesmo modo que a córnea, actua como uma lente convergente. O desvio que a luz sofre neste caso é menor pois o cristalino actua como uma lente menos potente que a córnea.

A importância do cristalino não está em desviar a luz, mas em acomodar-se para focar a luz na região da retina mais sensível à luz. Esta acomodação é conseguida através da contracção ou do relaxamento dos músculos ciliares.

(slide 4)

Quando olhamos para um objecto distante os músculos ciliares contraem-se e o cristalino fica mais alongado e estreito.

Quando olhamos para um objecto próximo os músculos ciliares relaxam e o cristalino fica mais curto e largo.

(slide 5)

A luz atinge a retina, uma "tela" sobre a qual deverá formar-se a imagem invertida e mais pequena que o objecto, que, decodificada pelo cérebro, permitirá a visão das coisas.

(slide 6)

A retina é uma camada fina constituída, em parte, por dois tipos de células sensíveis à luz: os cones e os bastonetes. Estas células são responsáveis pela conversão da luz em impulsos eléctricos que são transmitidos ao cérebro.

A percepção das cores pelo olho humano deve-se à absorção da luz pelos cones. Existem, aproximadamente, 7 milhões deles espalhados pela retina de cada olho.

Existem três tipos de cones: os que são sensíveis predominantemente à cor vermelha, os que são sensíveis predominantemente à cor verde e os que são sensíveis predominantemente à cor azul.

A visão das outras cores deve-se à estimulação simultânea e em graus diferentes dos vários tipos de cones.

A retina de cada olho contém da ordem de 125 milhões de bastonetes (realça-se aqui que existem numa quantidade muito superior aos cones). A sensibilidade dos bastonetes em relação à luz é cerca de 100 vezes maior que a sensibilidade dos cones. Os bastonetes funcionam com pouca luz e percebem os tons em cinza.

Resumindo, a luz que chega à retina e estimula os cones e os bastonetes a gerarem impulsos eléctricos. Os cones funcionam bem na claridade sendo responsáveis pelos detalhes e cores dos objectos observados, enquanto os bastonetes são os responsáveis pela nossa visão quando o ambiente é mal iluminado. Esses sinais são transmitidos, através do nervo óptico, até ao cérebro que os interpretam como imagens do que os olhos vêem.

Se as imagens que se formam em nossa retina são planas, como percebemos o volume dos objectos?

Uma das razões é devido à iluminação nas diferentes partes do objecto.

Quando observamos um objecto que se encontra muito longe perdemos a noção de profundidade. Temos dificuldade de perceber se um balão ao longe vai passar em frente ou atrás de um prédio ou de uma árvore.

Quando observamos um objecto que se encontra perto, um olho vê com uma pequena diferença em relação ao outro. Isto, ao ser interpretado pelo cérebro, permite-nos ver em três dimensões, ter a noção de profundidade.

Experimenta olhar alternadamente com um olho e depois com o outro.

(slide 7)

Algumas vezes, o cérebro tem dificuldade em interpretar a informação recolhida pelos olhos. A realidade pode ser diferente daquilo que percebemos visualmente.

Observa os círculos do meio. Qual deles é maior? *(slide 7, imagem ao centro)*

Esta ilusão de óptica deve-se a possibilidade de compararmos seu tamanho com os outros círculos à sua volta.

A ilusão de óptica está associada ao nosso "aprender a ver".

As duas rectas verticais na figura são paralelas, apesar de não parecerem! *(slide 7, imagem da direita)*

O cinema em 3D também utiliza imagens para enganar sua visão (o teu cérebro)! *(slide 7, imagem da esquerda)*

O filme é feito com duas câmaras e consequentemente são utilizados dois projectores para reproduzir a imagem na tela. Um dos projectores reproduz a imagem para o olho esquerdo e o outro, para o olho direito.

A luz que forma cada imagem é polarizada (apenas tem a direcção de um plano). Normalmente a luz que forma uma das imagens tem uma polarização no plano vertical e a outra no plano horizontal.

Nos óculos 3D, cada lente é polarizada de forma diferente permitindo em cada olho apenas a visão de uma das imagens.

O cérebro utiliza esta diferença entre as duas imagens para auxiliar na percepção de profundidade.

(slide 8)

Entre o olho humano e a máquina fotográfica existem algumas semelhanças.

A lente da máquina fotográfica desempenha um papel semelhante ao cristalino.

Para focar uma imagem na lente da máquina fotográfica a posição da lente tem de ser ajustada da mesma forma que no olho os músculos ciliares acomodam o cristalino.

Na máquina fotográfica existe um diafragma que regula a entrada da luz como a íris faz no olho humano.

A máquina fotográfica existe (é colocada) uma película sensível à luz onde se formam as imagens dos objectos fotografados. Também o olho dispõe de uma película: a retina.

Concluímos, assim, que o olho funciona de modo semelhante à máquina fotográfica. Porém o olho humano apenas é sensível à luz visível, enquanto a máquina fotográfica é capaz de registar, com películas especiais, imagens obtidas com outros tipos de luz, como a luz infravermelha ou a luz ultravioleta.

(Entrega aos alunos do guião para a actividade experimental A visão humana: deficiências e correcções e execução da actividade experimental.)

Estratégias/ Actividades

- Apresentação do vídeo *O olho humano* (Texto Editores) para apoiar o desenvolvimento da aula.
- Distribuir aos alunos uma ficha para que após verem o filme e com recurso ao manual fiquem com uma tabela síntese organizada da constituição anatómica do olho humano.
- Projectção de imagens para apoiar o desenvolvimento da aula.
- Realização de uma actividade experimental com recurso aos kits do olho humano disponíveis na escola com o objectivo de simular a “formação da imagem” na

retina de um olho; simular os defeitos de visão do olho; simular a correcção dos defeitos de visão do olho.

Materiais/ Recursos

- Computador
- Projector de ecrã
- PowerPoint
- Filme: “O olho humano”, Texto Editores
- Colunas
- 3 Modelos anatómicos do olho humano (incluindo alvos e lentes convergentes e divergentes)
- 3 Fontes de luz

Avaliação

Teste de avaliação.

Reflexão

Esta aula teve como principais objectivos estudar a anatomia do olho humano e o modo como se processa a visão humana. Pretendia-se também realizar o paralelismo entre o olho humano e a máquina fotográfica e estudar algumas deficiências da visão e respectivas correcções.

Em ambos os turnos a aula decorreu conforme o plano de aula. Os alunos revelaram interesse no conteúdo da aula levantando algumas questões como, por exemplo, a que se deve a cor da íris do olho humano. Felizmente esperava-se que os alunos levantassem este tipo de questões e, portanto, respondeu-se sem qualquer hesitação às questões levantadas. A ilusão de óptica foi outro assunto pelo qual os alunos revelaram interesse, principalmente quando referiu-se, de forma simplificada, como são feitos os filmes em três dimensões, aproveitando a recente estreia do filme *Avatar*.

Optou-se por entregar aos alunos uma ficha com o objectivo de sintetizar os conteúdos abordados no filme apresentado, deixando-os consultar o manual. Decidiu-se por em prática esta estratégia uma vez que se tem verificado que os alunos não possuem um bom hábito de estudo, limitando-se a estudar nas várias disciplinas pelo caderno, que por sua vez é o que passam do quadro, não explorando devidamente o manual, nem fazendo o exercício de sintetizar aquilo que aprendem em cada aula.

As deficiências de visão e respectivas correcções foram abordadas realizando uma actividade experimental com um modelo do olho humano no qual foram simuladas algumas deficiências de visão e foram corrigidas com as lentes adequadas para o efeito. Com este exercício constatou-se que os alunos ainda não possuem a maturidade suficiente para trabalhar sem o apoio constante do professor. Inicialmente, salvo algumas excepções, os alunos não seguiam o guião experimental fornecido limitando-se a explorar de forma autónoma e não eficiente o material que tinham ao seu dispor ou solicitando constantemente a professora estagiária questionando-a sobre os passos a seguir. Isto pode ser corrigido realizando mais actividades deste género que são proveitosas no sentido de despertar o interesse dos alunos para a ciência experimental aproveitando a vontade de descobrir que os jovens já possuem de forma inata.

Finalmente apresentou-se uma imagem com a qual foi feita a síntese das conclusões que os alunos deveriam retirar da actividade experimental que realizaram e deu-se-lhes a oportunidade de esclarecerem as suas dúvidas.

3.7.4 Elementos de Avaliação

Foram previamente estabelecidos os critérios de avaliação do aluno. Com base nestes critérios, no que concerne ao domínio de competências conceptuais 65 % da nota será derivada das notas dos testes, 15 % da avaliação de fichas formativas, grelhas de observação de trabalhos individuais ou em grupo e de trabalhos de pesquisa. Os restantes 20% distribuem-se com igual peso pelo domínio de competências processuais avaliados através de grelhas de observação ou de relatórios individuais ou de grupo e pela avaliação das atitudes em sala de aula através de grelhas de observação. Os critérios de avaliação foram do conhecimento dos alunos assim como dos respectivos encarregados de educação no início do ano lectivo.

A construção dos testes de avaliação foi sempre alvo de bastante preocupação e discussão. Foi sempre construída uma matriz para cada teste de forma a estabelecer objectivos nos conteúdos a avaliar. Teve-se sempre o cuidado de fazer resolução prévia de cada teste para desta forma atribuir uma cotação mais ponderada a cada questão. Com esta estratégia também é mais fácil certificar de que as questões são suficientemente claras de modo a conduzir o aluno a resposta pretendida.

Neste nível, em cada período, foram designados trabalhos para avaliação que tinham como intuito envolver os Encarregados de Educação na vida escolar dos alunos.

No primeiro período o trabalho para avaliação dos alunos consistiu na construção de um instrumento musical, recorrendo a material que fosse possível reciclar nesta tarefa. Juntamente com o instrumento incumbiu ao aluno a entrega de um documento com uma breve descrição do instrumento com as suas origens, o tipo de material que serve de base para a sua construção e a informação de se o instrumento é de sopro, de percussão ou de cordas, etc. A turma A aderiu bastante bem a esta actividade, as restantes turmas não. Obteve-se a informação através dos alunos que vários Encarregados de Educação contribuíram para a confecção do instrumento do educando.

No segundo período, no âmbito da subunidade *Luz* elaboraram-se dois documentos que serviram como guião da construção de um periscópio e de um caleidoscópio. Os alunos construíram o instrumento óptico era mais do seu agrado e tiveram que entregar também um documento com uma breve explicação do funcionamento a nível da óptica do seu instrumento. Mais uma vez os alunos da turma aderiram bem a iniciativa facto que desta vez também se verificou nas restantes turmas. As meninas na sua maioria entregaram caleidoscópios e os rapazes periscópios. Obtiveram-se novamente trabalhos excelentes do ponto de vista estético e funcional.

No terceiro período os alunos realizaram no decorrer das aulas da disciplina de Área de Projecto um trabalho no âmbito da unidade *Gestão Sustentável dos Recursos*. Formaram-se cinco grupos e cada grupo trabalhou um dos temas que constituem a unidade:

- Os recursos da Terra são limitados
- Recursos naturais e desenvolvimento sustentável

- Gestão sustentável da energia
- A água, um bem precioso
- Ambiente, matéria-prima e criação de valor

O trabalho consistiu em realizar um blogue abordando os aspectos essenciais do tema que foi apresentado aos colegas e aos professores no final do período.

3.8 Física – 12.º ano

3.8.1 Programa

A disciplina de Física é uma disciplina opcional do 12.º ano inserida na componente de formação específica do curso Científico - Humanístico de Ciências e Tecnologias.

Segundo o programa da disciplina a sua aplicação pressupõe um equilíbrio entre a abstracção e as formalizações necessárias à formulação clara de ideias, conceitos e leis e a sua ilustração com situações do quotidiano e aplicações tecnológicas. Espera-se do professor a gestão das opções metodológicas, em função dos interesses e expectativas dos alunos apenas tornando obrigatória a relação com o mundo real dos conteúdos que se ensinam ilustrando situações correntes ou a sua aplicação a situações com explicação física acessível. Este programa também dá destaque à prática laboratorial uma vez que a física é uma ciência experimental.

Este programa de Física foi apresentado poucos meses antes do Ano Mundial da Física (2005). Nesse ano comemoraram-se cem anos sobre o *annus mirabilis* da produção científica de Albert Einstein, que constituiu um marco na Física Moderna. Assim sendo, os autores do programa consideraram que um programa de Física no século XXI não podia deixar de ter uma componente de Física Moderna.

Segundo o programa esta disciplina deve ter presente as seguintes finalidades:

- Contribuir para a cultura do aluno, proporcionando-lhe uma melhor compreensão do mundo, o que o ajudará, ao longo da vida, na tomada de decisões de modo fundamentado.
- Promover o interesse pelo conhecimento científico e tecnológico, cuja importância na sociedade actual é indiscutível.
- Permitir ao aluno uma escolha mais informada da área científica para prosseguimento dos seus estudos.
- Oferecer um conjunto de conhecimentos científicos apropriado ao prosseguimento de estudos de nível superior.

3.8.2 Planificação

Apenas existem dez alunos nesta escola inscritos na disciplina de Física. A sua carga horária é de 3 aulas semanais, sendo duas aulas de 90 minutos e uma de 135 minutos. A professora responsável pela disciplina é a Orientadora de Estágio.

Inicialmente não estava prevista a leccionação pela professora estagiária no 12.º ano e como tal apenas estava prevista a sua participação na planificação das aulas experimentais e a sua presença nas aulas. No decorrer do ano lectivo após a proposta pelo Orientador Pedagógico no âmbito das unidades curriculares *Investigação Educacional I e II* da realização de um trabalho no domínio da construção de materiais didácticos para a leccionação das teorias relativistas no 12.º ano. Uma vez aceite o desafio pediu-se a autorização a Orientadora de Estágio para leccionar no 3º período a subunidade *Teoria da Relatividade* de modo a dar uso aos materiais construídos ao longo do ano lectivo e assim realizar um trabalho mais completo, tanto na *Prática Profissional* como nas unidades curriculares de *Investigação Educacional I e II*. Para concretizar este objectivo foi necessária a planificação das aulas a leccionar. Este exercício foi realizado recorrendo a reuniões semanais (por vezes com mais frequência), tanto com a Orientadora de Estágio como com o Orientador Pedagógico. Com a Orientadora Estágio discutiram-se assuntos do âmbito do número de aulas disponíveis a leccionar, os conceitos a leccionar merecedores de maior destaque e os métodos de avaliação a aplicar. Com o Orientador Pedagógico o trabalho desenvolvido foi mais exaustivo, uma vez que consistiu no estudo das melhores estratégias a aplicar e na construção de materiais

didáticos para leccionar esta subunidade de forma leve, atractiva e sobretudo eficaz. Destaca-se aqui a contribuição do Orientador Pedagógico na construção dos modelos apresentados em formato de vídeo, uma vez que os mesmos foram da sua autoria a excepção dos utilizados para a abordagem das transformações de Galileu e da lei de adição de velocidades construídos pela professora estagiária. Realça-se também que se optou pelo uso da projecção de slides numa lógica de inquérito e não de explicação. A projecção de slides também facilitou a organização dos materiais a expor.

No programa da disciplina estão previstas sete aulas para a leccionação desta subunidade, mas a responsável da disciplina apenas lhe atribuiu quatro aulas. Este encurtamento no tempo despendido a esta subunidade deve-se ao facto de ter dedicado mais tempo à leccionação da física clássica e as aulas perdidas devido a algumas greves e visitas de estudo dos alunos noutras disciplinas que coincidiram com o horário da disciplina.

3.8.3 Revisão da literatura

Para realizar a planificação da subunidade a leccionar foi necessário consultar alguma literatura. Esta consulta teve como objectivo fazer uma maior aproximação com o tema e com a forma em como é exposto por diferentes autores.

Breve descrição da abordagem do tema em diversos livros do 12.º ano

12 F Física. Fiolhais, C., Fiolhais, M., Paixão, J. & Ventura, G., Texto Editores, Lda.
(manual adoptado pela escola)

O tema inicia-se neste manual referindo a importância do referencial na descrição de um movimento. Aborda-se também à partida a insuficiência da relatividade galileana na explicação de fenómenos que envolvem velocidades elevadas próximas da velocidade da luz. A Teoria da Relatividade neste manual é dividida em dois subtemas: Relatividade galileana e Relatividade einsteiniana.

- Relatividade galileana:
 - Começa com a explicação de o que são referenciais inerciais e referenciais acelerados e a validade das leis de Newton nos mesmos. De forma sintética,

aborda o facto de que um referencial ligado à Terra pode ser considerado inercial.

- É enunciado o Princípio da Relatividade de Galileu e as conclusões tiradas a partir do mesmo.
- É abordada a Transformação de Galileu, a Lei da Adição das Velocidades e respectivas conclusões.
- Este subtema é concluído de forma sucinta com a abordagem à variância e relatividade de uma grandeza física.
- Relatividade restrita:
 - Começa com um breve relato das origens da Teoria da Relatividade Restrita.
 - São enunciados os postulados desta teoria.
 - Prossegue com a explicação do conceito da simultaneidade de acontecimentos e da dependência do observador com recurso a um exemplo ilustrativo.
 - É feito o estudo da dilatação do tempo recorrendo à dedução matemática da expressão da dilatação do tempo.
 - Prossegue com o estudo da contracção do espaço recorrendo à dedução matemática da expressão da contracção do espaço.
 - É feita uma síntese na forma de um quadro comparativo das principais ideias das duas teorias relativistas.
 - É abordada a relação entre massa e energia referindo a equação $\Delta E = mc^2$ sem qualquer dedução matemática da mesma, no entanto refere a relação da massa efectiva de um corpo com velocidade com a massa do mesmo em repouso e apresenta a expressão que alude essa relação.
 - Finalmente faz-se, neste manual, a abordagem da Teoria da Relatividade Geral. Relata-se os motivos que levaram a elaboração da Teoria da

Relatividade Geral e como Einstein chegou ao Princípio de Equivalência. De forma muito sucinta refere como foi comprovado o Princípio de Equivalência com o eclipse observado em 1919, em São Tomé e Príncipe. Faz ainda uma pequena referência ao facto da força gravítica ser o resultado de uma deformação do espaço-tempo.

Eu e a Física. Campante, M., Gradim, M., Maciel, N. & Villate, J., Porto Editora.

Neste manual a relatividade volta a ser dividida em Relatividade galileana e Relatividade einsteiniana.

- Relatividade galileana:
 - O tema é introduzido a com um pequeno enquadramento histórico que faz referencia aos conceitos de espaço e tempo absolutos como base da mecânica clássica.
 - São abordados os referenciais de inércia e os referenciais acelerados.
 - É feito um breve destaque para a Terra como exemplo de um referencial não inercial devido ao seu movimento de rotação e de translação à volta do Sol, mas cita em que condições se pode admitir que estamos perante um referencial de inércia.
 - Prossegue-se com as Transformações de Galileu e respectivas conclusões.
 - Segue-se com o estudo da invariância e a relatividade de uma grandeza física e inclui aqui a abordagem à Lei da Adição de Velocidades.
 - Breve abordagem ao Princípio da Relatividade de Galileu.
 - Conclui com uma ligação do tema ao quotidiano designado por *física em acção*.
- Relatividade einsteiniana:
 - Este manual inicia o estudo da relatividade einsteiniana com as suas origens seguindo para os seus postulados.

- Os conceitos de simultaneidade de acontecimentos, dilatação do tempo e contracção do espaço são explicados com recurso a dedução das expressões matemáticas.
- Aborda a relação entre massa e energia fazendo referência à expressão $E=mc^2$, esta equação é deduzida de forma não muito aprofundada a partir da expressão da energia cinética relativista.
- Prossegue com as origens da Teoria da Relatividade Geral e o Princípio de Equivalência e faz uma síntese estabelecendo um paralelismo entre o Princípio de Equivalência e o Princípio de Relatividade.
- Finalmente faz uma abordagem da aplicação da Teoria da Relatividade Restrita e da Teoria da Relatividade Geral no nosso dia-a-dia.
- O estudo da relatividade einsteiniana é completado com tópicos chamados *Pensamento físico* abordando assuntos como: o éter e a velocidade da luz, diagramas espaço-tempo, a verificação experimental da dilatação do tempo com relógios macroscópicos de alta precisão, o paradoxo dos gémeos, diferentes formas de objectos bidimensionais e tridimensionais em diferentes referenciais como consequência da contracção do espaço e algumas previsões da relatividade geral.

Ontem e Hoje. Bello, A., Caldeira, H. & Gomes, J., Porto Editora.

Este manual inicia o tema da Teoria da Relatividade com o tópico “Neste capítulo iremos aprender...” em que é feita a síntese com exemplos de cada conceito que será abordado neste tema. Em seguida subdivide o estudo da Teoria da Relatividade:

- Relatividade de Galileu:
 - Explicação de o que são referenciais de inércia e referenciais acelerados destacando o caso de um referencial ligado a Terra comportar-se como um referencial de inércia.
 - Prossegue com as transformações de Galileu subdividindo o tema em posição, deslocamento, velocidade, aceleração e na importância das condições iniciais quando se trata de forças iguais e trajectórias diferentes.

- Em seguida aborda a invariância das leis da mecânica enunciando o Princípio da Relatividade de Galileu.
- Prossegue o estudo da relatividade de Galileu com a abordagem à invariância das grandezas físicas.
- Conclui esta parte com um tópico chamado *física em ação* com exemplos de aplicação do tema no dia-a-dia.
- Relatividade de Einstein:
 - Relata as origens da Teoria da Relatividade Restrita de forma muito sintética.
 - São enunciados os postulados da Teoria da Relatividade Restrita.
 - Prossegue com a explicação do conceito da simultaneidade de acontecimentos e da dependência do observador com recurso a um exemplo ilustrativo.
 - É feito o estudo da dilatação do tempo recorrendo à dedução matemática da expressão da dilatação do tempo.
 - Prossegue com o estudo da contracção do recorrendo à dedução matemática da expressão da contracção do espaço.
 - É feita uma síntese na forma de um quadro comparativo das principais ideias das duas teorias relativistas.
 - É abordada a relação entre massa e energia referindo a equação $E_0=mc^2$ sem qualquer dedução matemática da mesma.
 - Prossegue com o estudo da Teoria da Relatividade Geral enunciando o Princípio de Equivalência e explicando posteriormente como Einstein chegou ao mesmo. Conclui com a uma pequena referência à comprovação experimental da teoria.

- É dedicado um pequeno tópico à curvatura do espaço-tempo em que se refere a gravitação como a manifestação da geometria do espaço-tempo na presença de uma massa.
- No fim deste capítulo se encontra o enquadramento histórico focando de forma leve e breve os aspectos essenciais que circundam toda a teoria.
- Finaliza novamente com mais um tópico de *física em acção*.

Breve descrição da abordagem do tema em livros de Física Geral para o 1.º ano do ensino superior

Física. Alonso, M. & Finn, E., Pearson Educación. S. A.

- O capítulo *A teoria da relatividade* deste livro inicia com uma pequena introdução girando em volta de Einstein.
- Continua com toda uma abordagem em torno da velocidade da luz em que relata todo um percurso histórico relativamente aos estudos feitos sobre o assunto. É focada desde a suposição do espaço ser preenchido por éter até à experiência de Michelson - Morley, analisada sobre a forma de nota, passando pela lei da adição das velocidades de Galileu aplicadas à velocidade da luz. Desta forma conclui que Einstein pôs de parte a existência do éter e afirmou que a velocidade da luz é uma constante física.
- Apresenta a Transformação de Lorentz, refere também como surgiu, a sua importância, a sua dedução e a transformação de Lorentz inversa.
- Em seguida aborda a Transformação de Lorentz para a velocidade e a aceleração fazendo a comparação com a Transformação de Galileu. Prossegue aqui também com a dedução da transformação.
- Continua com o estudo das consequências da Transformação de Lorentz apresentando os conceitos de contracção do comprimento e dilatação do tempo.
- Enuncia o Princípio da Relatividade Restrita e realça que a Transformação de Galileu é, contudo, uma boa aproximação para pequenas velocidades e é introduzido o conceito espaço-tempo.

- Segue com a verificação da validade da conservação do momento linear para observadores em movimento relativo uniforme quando se comparam as suas medidas segundo a Transformação de Galileu e a sua não verificação segundo a Transformação de Lorentz.
- É demonstrado como para uma velocidade elevada, próxima da velocidade da luz, a força não é paralela à aceleração.
- Em seguida o livro leva-nos à conclusão de que a energia cinética relativista é maior que a newtoniana e à equação que relaciona massa e energia.
- Este capítulo conclui com a Teoria da Relatividade Geral em que são referidas com alguma brevidade algumas das suas ideias fundamentais. É dado particular destaque ao Princípio da Equivalência. É referida como consequência mais importante da Teoria da Relatividade Geral o facto de as propriedades locais do espaço-tempo serem determinadas pela distribuição de massa do universo e são em seguida relatadas outras consequências desta teoria.

Fundamentals of Physics. Halliday, D. Resnick, R. e Walker, J., John Wiley & Sons, Inc.

- Inicia o estudo ao referir sobre que trata a Teoria da Relatividade.
- Prossegue com os postulados da Teoria da Relatividade Restrita e trata em seguida o conceito de evento.
- Em continuação do estudo trata a relatividade de simultaneidade, a relatividade do tempo abordando o intervalo de tempo entre dois acontecimentos como sendo dependente de quão distanciados estes se ocorrem um do outro tanto no espaço como no tempo e por fim trata a relatividade do comprimento.
- Em continuação é abordada a Transformação de Lorentz assinalando as equações de Galileu e as de Lorentz prossequindo com algumas das consequências das Transformações de Lorentz como sendo a simultaneidade, a dilatação do tempo e contracção do espaço.
- Em seguida prossegue com o estudo deste tema com a relatividade da velocidade, e posteriormente o efeito Doppler da luz.

- Culmina o assunto com uma nova visão do momento linear e a equivalência entre massa e energia é abordada como sendo uma nova visão da energia alegando o facto de que a energia total de um sistema isolado ser constante.

Introdução à Física. Brogueira, P., Deus, J., Noronha, A. Peña, T. & Pimenta, M., Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda.

O capítulo do livro em que o estudo da relatividade se insere chama-se *A Relatividade de Galileu a Einstein*.

- Inicia-se este capítulo com a abordagem aos referenciais acelerados e referenciais de inércia. Esta abordagem é subdividida, fazendo referencia as forças de inércia e a Transformação de Galileu. Na referenciação às forças de inércia é feito o estudo da validade ou não validade da lei da inércia nos dois tipos de referenciais e realçada a não existência de um referencial absoluto. As Transformações de Galileu aqui são abordadas levando a conclusão de que o espaço é relativo, o tempo é absoluto e as distâncias invariantes.
- Prossegue o estudo da velocidade da luz no vácuo fazendo uma síntese das experiências históricas que segundo os autores levaram à fixação de um valor absoluto para a velocidade da luz. Em seguida é feita uma análise comparativa entre o som e a luz com recurso ao efeito Doppler e é feita a descrição da experiência de Michelson - Morley.
- É feita a abordagem à relatividade de Einstein começando por descrever a situação da Física com que Einstein se deparou na época, nomeadamente com as dificuldades que se encontravam por resolver. Posteriormente são enunciados os postulados de Einstein e são abordadas as consequências dos mesmos, fazendo a análise matemática que leva à dedução das expressões da dilatação do tempo e da contracção do espaço.
- Em continuação são analisadas as Transformações de Lorentz tanto para as coordenadas como para as velocidades.
- Prossegue com o estudo do momento linear na Relatividade Restrita e da massa efectiva de uma partícula. Posteriormente aborda também a relação entre a massa e

a energia pela equação $E=mc^2$. Em seguida é feita a análise das Transformações de Lorentz para o momento e a energia.

- São dadas umas noções de fusão e cisão nucleares.
- A Relatividade Geral é exposta com uma introdução em que se refere o seu aparecimento como sendo uma necessidade de Einstein em expressar a física de forma invariante e em que também são referidas as influências das ideias de Mach sobre Einstein. Em seguida é enunciado o Princípio da Equivalência e são analisadas as ideias que levaram à formulação do mesmo. Finalmente conclui com a referência a introdução com esta teoria de um espaço-tempo curvo, segundo os autores deformado pela gravitação.

3.8.4 Leccionação

Todos sabem que Einstein fez alguma coisa espectacular, mas poucos sabem o que ele realmente fez. *Bertrand Russel*.

Aula n.º 1: Introdução ao tema e relatividade galileana

Breve descrição da aula

- Introdução à Física Moderna.
- Relatividade galileana: referenciais de inércia; referenciais acelerados e validade da Lei da Inércia nos mesmos, Transformação de Galileu; Princípio da Relatividade de Galileu; invariância e relatividade de uma grandeza física.

Tempo

90 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Reconhecer que a descrição de um movimento depende do referencial.
- Identificar um referencial de inércia como sendo aquele onde se verifica a Lei da Inércia.

- Identificar as condições em que um referencial ligado à Terra pode ser considerado um referencial inercial.
- Reconhecer que as Leis de Newton apenas são válidas em referenciais de inércia.
- Enunciar o Princípio da Relatividade de Galileu.
- Relacionar o Princípio da Relatividade galileana com:
 - A invariância das leis da mecânica em referenciais inerciais;
 - A indistinguibilidade entre repouso e movimento rectilíneo e uniforme em referenciais inerciais;
 - A inexistência de referenciais inerciais privilegiados.
- Reconhecer a Teoria da Relatividade como uma teoria que permite relacionar as medidas de grandezas físicas de determinado evento e que foram realizadas por observadores em diferentes referenciais de inércia.
- Conhecer a definição de evento.
- Reconhecer que a forma da trajectória de um movimento depende do referencial de inércia onde é feita a sua descrição.
- Conhecer e interpretar o conjunto de equações da Transformação de Galileu.
- Deduzir a Lei da Adição de Velocidades a partir da Transformação de Galileu.
- Reconhecer que as grandezas físicas massa, comprimento e tempo são invariantes no âmbito da Mecânica Newtoniana.
- Identificar quais as grandezas que são relativas ao referencial inercial em que são medidas.

Principais dificuldades previstas

- Existe a possibilidade de o aluno confundir a noção de referencial acelerado com referencial que se move com altas velocidades.

- Compreender que os valores de algumas grandezas físicas medidos em diferentes referenciais inerciais são diferentes mas a forma das leis físicas são as mesmas.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

(*slide 1 e 2*)

Nesta aula vão aprender sobre o que se convencionou chamar de *Física Moderna*... que já tem mais de 100 anos! Os conceitos e ideias da Física Moderna foram desenvolvidos no final do século XIX e princípio do século XX. Cuidado: estas ideias estão muito longe do senso comum, como vamos ver.

A Física é a ciência que estuda a matéria na sua constituição e no seu comportamento, analisando os fenómenos que ocorrem na natureza com o intuito de entender o comportamento do Universo.

Na procura desta compreensão do comportamento do Universo, foram formuladas teorias ao longo dos séculos que explicassem os variados fenómenos observados na natureza. Sempre que foram encontradas falhas nas teorias estas foram “destronadas” por novas teorias. Assim chegamos às teorias que estão em vigor na actualidade – as da Física Moderna.

Hoje em dia, a humanidade tem consciência de as teorias das quais se serve para explicar os fenómenos observados podem, amanhã, ser “destronadas” por novas teorias que ofereçam uma descrição mais completa do comportamento do Universo, uma vez que existe no Universo matéria cuja constituição e comportamento o homem ainda desconhece.

Iniciaremos o estudo da Física Moderna analisando as Teorias da Relatividade.

(*slide 3*)

Antes de mais qual é o significado da palavra *relatividade*?

Se procurarmos a definição da palavra *relatividade* no dicionário encontraremos entre outras:

“Propriedade do que é relativo.”

(slide 4)

Parece-me que esta resposta não nos serve de muito, portanto fui à procura do significado da palavra *relativo*:

“Avaliado por comparação”.

O que quer isto dizer?

Vejamos algumas imagens que nos podem conduzir a uma resposta...

(slide 5)

Quem é mais alto? A estátua do Cristo Rei ou o turista? Esta foto não deixa dúvidas... se medirmos com uma régua o turista é mais alto! Mas a estátua do Cristo Rei tem 28 metros de altura! Então a resposta será *depende*... *Depende do ponto de vista*...

(slide 6)

Nesta imagem é dia ou noite?

A resposta será, novamente, *depende*. Por exemplo na imagem em Portugal é dia mas em Itália é noite. Novamente estamos dependentes do ponto de vista.

(slide 7)

Quem é que está de pernas para o ar, nós ou os australianos? Eles dizem que somos nós e nós dizemos que são eles. Afinal quem é que tem razão? A resposta é, mais uma vez, *depende*. *Depende do ponto de vista*, ambos temos razão, cada um no seu ponto de vista.

(slide 8)

Vejamos um vídeo com mais um exemplo.

O sujeito A está em repouso ou em movimento? A resposta é, novamente *depende*.

(slide 9)

Reparem que relativamente à plataforma o sujeito A está em repouso, mas visto pelo sujeito B que se encontra fora da plataforma, o sujeito A encontra-se em movimento. Então se tivermos um referencial ligado à plataforma, o sujeito A encontra-se, relativamente a esse

referencial em repouso. Se tivermos um referencial ligado ao sujeito B, o sujeito A encontra-se, relativamente a esse referencial em movimento.

Conclui-se desta forma que para descrever qualquer movimento é sempre necessário escolher um referencial.

(slide 10)

Existem dois tipos de referenciais. Uns deles são os chamados referenciais de inércia.

Nesta primeira imagem temos um carrinho com uma esfera vermelha pendurada por um fio. Seria suficiente descrever o movimento do carrinho apenas dizendo que este está em repouso.

Não. O carrinho está em repouso **relativamente ao solo!**

Neste pequeno vídeo podemos observar o mesmo carrinho que se movimenta com velocidade constante... **relativamente ao solo!**

Podemos observar alguma alteração na esfera pendurada no carrinho relativamente à situação anterior? Qual é a resultante das forças aplicadas na esfera nas duas situações?

Num referencial verifica-se a primeira lei de Newton:

Se a resultante das forças que actuam num corpo for nula, este manterá a sua velocidade.

Assim nestas duas situações um referencial ligado ao carrinho é um referencial de inércia.

(slide 11)

Outro tipo de referencial é o referencial acelerado.

Vejamos dois exemplos:

- Um referencial ligado a um carrinho sujeito a uma força é um referencial acelerado, pois tem um movimento acelerado relativamente ao solo.
- Um referencial ligado a um carrinho que é sujeito à acção de forças de atrito é um referencial acelerado pois descreve um movimento retardado relativamente ao solo.

Nestas duas situações a resultante das forças não é nula mas a esfera tende a manter a sua posição.

(slide 12)

Concluí-se o seguinte:

- Num referencial inercial verifica-se a Lei de Inércia.
- Num referencial acelerado a Lei de Inércia não é válida.
- Todos os referenciais que se movem com velocidade constante em relação a um referencial inercial também são referenciais de inércia.

(slide 13)

Um referencial ligado à Terra é inercial?

A Terra tem aceleração devido ao seu movimento de rotação.

A Terra tem aceleração devido ao seu movimento de translação em volta do Sol.

Então este referencial não pode ser considerado inercial?

Estas acelerações são tão pequenas quando comparadas com a aceleração da gravidade que não se fazem sentir, daí é possível considerar a Terra um referencial de inércia.

(slide 14)

Após todo este estudo sobre a relatividade dos movimentos Galileu Galilei enunciou o seu princípio de relatividade que diz que **as leis da mecânica são as mesmas em qualquer referencial de inércia.**

(slide 15)

Sintetizando tudo o que foi dito, este princípio permite-nos afirmar o seguinte:

- As leis da mecânica são invariantes em qualquer referencial de inércia, isto é, tem a mesma expressão matemática em qualquer que seja o referencial inercial.
- Os pontos de vista de observadores ligados a diferentes referenciais inerciais são equivalentes.

- Não conseguimos distinguir, num referencial inercial, se estamos em repouso ou em movimento.

(slide 16)

Vejamos um vídeo que nos mostra o movimento de um carrinho.

E agora vejamos outro vídeo que nos mostra que não conseguimos distinguir, num referencial inercial, se estamos em repouso ou em movimento.

Era a máquina de filmar que estava em movimento relativamente ao carrinho que se encontrava em repouso relativamente à mesa.

(slide 17)

Para que serve a Teoria da Relatividade de Galileu?

Esta teoria permite relacionar as medidas de grandezas físicas de determinado **evento** e que foram realizadas por observadores em diferentes referenciais de inércia.

(slide 18)

O que se entende por **evento**?

Entende-se por evento, uma ocorrência numa certa posição e num certo instante.

(slide 19)

Por exemplo:

Eu deixo cair uma bola. O início da queda da bola é um evento. Este evento tem uma localização no espaço e no tempo. Eu posso dizer a posição exacta da bola e em que instante se dá o início da queda.

A localização do evento no espaço, que nos informa onde acontece o evento, tem três coordenadas (x, y, z) . A localização no tempo, que nos dá a informação de **quando** acontece o evento, tem apenas uma (t) . Facilmente chegamos à conclusão de que um evento é caracterizado por quatro coordenadas (x, y, z, t) .

(slide 20)

Analisemos o exemplo da página 295 do manual.

Deixa-se cair uma bola dentro de uma carrinha que se move com velocidade constante em relação ao solo.

Vejamos no filme a trajectória descrita pela bola vista no referencial de alguém que esteja dentro da carrinha.

(slide 21)

E agora vejamos a trajectória descrita pela bola vista no referencial de alguém que esteja fora da carrinha (caso esta fosse transparente).

(slide 22)

Analisemos o evento *início da queda da bola* correspondente a $t=0$ s.

O instante em que o evento ocorre será o mesmo nos dois referenciais deste que os relógios dos dois observadores estejam sincronizados.

Vector posição \vec{r} da bola no referencial de um observador que se encontra fora da carrinha.

(slide 23)

Vector posição \vec{r}' da bola no referencial de um observador que se encontra dentro da carrinha.

Concluimos, então, que a posição é um conceito relativo pois depende do referencial em que é medida.

(slide 24)

Vector posição \vec{R} do referencial que se encontra dentro da carrinha no referencial de um observador que se encontra fora da mesma.

Como poderemos relacionar os três vectores posição?

(slide 25)

O vector \vec{r} pode se escrito como a soma dos vectores \vec{R} e \vec{r}' .

$$\vec{r} = \vec{R} + \vec{r}'$$

O referencial ligado ao observador que se encontra dentro da carrinha movimenta-se relativamente ao referencial ligado ao observador que se encontra fora da carrinha com movimento rectilíneo e uniforme:

$$\vec{R} = \vec{V} \times t$$

Podemos reescrever o vector \vec{r} do modo seguinte:

$$\vec{r} = \vec{V} \times t + \vec{r}'$$

(slide 26)

As coordenadas espaciais do vector \vec{r} e do vector \vec{r}' são, respectivamente (x, y, z) e (x', y', z') .

Podemos então escrever um conjunto de equações chamadas de *Transformação de Galileu*:

$$\begin{cases} x = x' + V \times t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

Com estas equações sabendo as coordenadas (x', y', z', t') de um evento num referencial de inércia podemos saber as coordenadas (x, y, z, t) , do mesmo evento, noutro referencial inercial, conhecendo V .

(slide 27)

A transformação de Galileu também nos permite relacionar a velocidade da bola nos dois referenciais.

Como podemos ver, a bola não se movimenta com a mesma velocidade relativamente aos dois referenciais.

A velocidade é a taxa de variação instantânea da posição.

Assim, a velocidade obtém-se derivando a posição em ordem ao tempo.

Derivando a equação $\vec{r} = \vec{R} + \vec{r}'$ em ordem ao tempo obtêm-se a lei da adição de velocidades:

$$\vec{v} = \vec{V} + \vec{v}'$$

Como podem ver, neste exemplo, a componente vertical da velocidade da bola nos dois referenciais é a mesma. Assim, pela lei da adição de velocidades, conclui-se que o referencial dentro da carrinha não tem velocidade na componente vertical relativamente ao referencial que se encontra fora da mesma, o que se vê claramente no exemplo.

Analisando a componente horizontal da velocidade da bola concluímos que no referencial do observador que se encontra dentro da carrinha esta componente da velocidade é nula. Pela lei da adição das velocidades concluímos, então, que a componente vertical da velocidade da bola medida no referencial do observador fora da carrinha será a mesma que a componente horizontal da velocidade com que o referencial do observador dentro da carrinha se movimenta relativamente ao mesmo.

(slide 28)

Vejamos mais um exemplo da adição de velocidades:

Analisando o primeiro vídeo:

No referencial ligado à passadeira a velocidade da corredora relativamente ao referencial é nula.

No referencial fora da passadeira a velocidade da corredora é igual à velocidade da passadeira relativamente este.

Analisando o segundo vídeo:

A corredora movimenta-se com velocidade constante relativamente ao referencial ligado à passadeira.

A velocidade com que a corredora se movimenta relativamente ao referencial que se encontra fora da passadeira é igual a soma da velocidade com que a corredora se movimenta relativamente ao referencial ligado a passadeira com a velocidade com que este referencial se movimenta relativamente ao que se encontra fora da passadeira.

(slide 29)

A aceleração é a taxa de variação instantânea da velocidade.

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = 0$$

O referencial dentro da carrinha movimenta-se com velocidade constante relativamente ao referencial que se encontra fora da mesma, então a sua aceleração é nula.

A Transformação de Galileu que relaciona a aceleração da bola nos dois referenciais é:

$$\vec{a} = \vec{a}'$$

(slide 30)

Como a massa da bola é a mesma nos dois referenciais temos que a resultante das forças também é a mesma em ambos os referenciais:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_R'$$

(slide 31)

Como acabamos de ver a massa de um corpo, a aceleração que esse corpo adquire e a resultante das forças que actuam sobre o mesmo são independentes do referencial de inércia em que são medidas. Estas grandezas físicas dizem-se invariantes. No âmbito da teoria relativista galileana o tempo também é uma grandeza invariante.

(slide 32)

A posição, a velocidade e, consequentemente, o momento linear e a energia cinética são grandezas físicas que, como já vimos, têm um valor diferente dependendo do referencial de inércia em que são medidas. Estas grandezas físicas dizem-se relativas.

(slide 33, 34 e 35)

Explorar vídeos com ficha formativa.

Estratégias/ Actividades

- projecção de imagens e de filmes de forma a introduzir a noção de relatividade e de referencial.
- Utilizar o software *Interactive Physics* para auxiliar na exemplificação de referenciais inerciais e de referenciais acelerados.
- Utilizar o software *Modellus* para ilustrar dois referenciais de inércia, um em repouso e outro em movimento rectilíneo uniforme, para auxiliar a abordagem da transformação de Galileu.

Materiais/ Recursos

- Computador;
- Projector;
- PowerPoint;
- Colunas;
- Ficha formativa.

Avaliação

- Ficha formativa;
- Teste de avaliação.

Reflexão

Iniciou-se a abordagem ao tema estudando o significado da palavra relatividade, que nos conduz à pesquisa do significado da palavra relativo: *avaliado por comparação*. Prosseguiu-se com o estudo de imagens e vídeos de animações construídas no software *Modellus* que tem

como objectivo criar no aluno a necessidade de estabelecer um referencial para responder as questões que lhes foram colocadas. Esta estratégia funcionou bem.

Para uma maior elucidação da distinção entre referenciais inerciais e referenciais acelerados foram utilizados quatro vídeos de animações obtidas com recurso ao software *Interactive Physics*. Desta forma foram expostos dois exemplos de cada tipo de referencial.

Com a finalidade de mostrar aos alunos a impossibilidade de distinguir o repouso do movimento rectilíneo uniforme num referencial inercial, recorreu-se a um vídeo previamente elaborado na escola. Este filme foi produzido de forma muito simples colocando uma máquina de filmar sobre um carrinho que se movimenta da direita para esquerda sobre uma calha filmando outro carrinho que se encontra em repouso. Quem vê este vídeo tem a sensação de que é o carrinho que se movimenta perante a máquina da esquerda para a direita. Em seguida é mostrado aos alunos um vídeo que mostra a verdade oculta, em que se vê a máquina a movimentar-se perante o carrinho que se encontra em repouso.

Destaca-se ainda o especial cuidado que se teve na produção de um vídeo a partir de uma animação construída no software *Modellus* o mais próximo possível do exemplo utilizado no manual adoptado pela escola. Este pequeno vídeo teve como objectivo ilustrar dois referenciais de inércia, um em repouso e outro em movimento rectilíneo uniforme de modo a apoiar a abordagem da Transformação de Galileu.

Para uma melhor exemplificação da Lei de Adição de Velocidades produziram-se dois vídeos de mais uma animação criada com recurso ao software *Modellus*. Estes vídeos exemplificam uma corredora sobre uma passadeira e serviram para consolidar de forma eficaz não só a Lei de Adição de Velocidades como a descrição de um movimento relativamente a diferentes referenciais de inércia, uma vez que é enriquecedor trabalhar com diferentes exemplos.

Na exposição dos conteúdos os alunos apenas demonstraram dificuldades ao aplicar a Lei da Adição de Velocidades no primeiro exemplo (exemplo da queda de uma bola dentro de uma carrinha). O Orientador Pedagógico referiu que nesta situação seria uma boa estratégia dar valores hipotéticos às diferentes velocidades a considerar no exemplo. Concorro com esta observação uma vez que esta estratégia tornaria o exemplo mais concreto facilitando o raciocínio dos alunos.

Utilizou-se, sempre que possível, slides de síntese de ideias e algumas vezes levantaram-se questões de modo a fazer os alunos reflectir mais sobre os assuntos. Os alunos responderam sempre que não tinham dúvidas ou optaram pelo silêncio. Os orientadores sugeriram, que sempre isto aconteça, devo questionar os alunos directamente de forma a os obrigar a reflectir sobre os conceitos abordados.

Finalmente, apresentou-se uma ficha de actividades aos alunos que acompanhava quatro pequenos filmes que ilustram uma retroescavadora (brinquedo) que atravessa uma passadeira. O objectivo desta actividade é o de aplicar uma vez mais a Lei da Adição de Velocidades prevendo situações descritas no filme. Os alunos tiveram grandes dificuldades em resolver esta ficha, algo que se previu devido ao seu fraco domínio da trigonometria. O professor Vítor Teodoro interveio no final da aula solicitando a participação de alguns alunos para que estes, seguindo a sua orientação, apresentassem os exemplos da ficha no software *Modellus*. Os alunos deste modo resolveram os problemas da ficha apenas utilizando vectores sem recurso à matemática, sendo esta foi uma boa forma de concluir esta aula.

Aula n.º 2: Origens da Teoria da Relatividade Restrita

Breve descrição da aula

- Origens da Relatividade Restrita.
- Experiência de Michelson – Morley.
- Postulados da Teoria da Relatividade Restrita.
- Simultaneidade de acontecimentos.

Tempo

135 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Reconhecer que o facto de as leis do electromagnetismo não serem as mesmas em todos os referenciais de inércia esteve na origem da relatividade restrita.

- Reconhecer o contributo do estudo de vários físicos na origem da teoria da relatividade restrita.
- Conhecer os postulados da Relatividade Restrita.
- Reconhecer o carácter relativo da noção de simultaneidade para observadores ligados a diferentes referenciais inerciais.

Principais dificuldades previstas

Reconhecer que o carácter relativo da noção de simultaneidade para observadores ligados a diferentes referenciais inerciais se verifica no nosso dia-a-dia apesar de não ser perceptível uma vez que as velocidades envolvidas serem muito inferiores à da luz.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

Recordar os assuntos abordados na aula anterior seguindo uma ficha com a síntese de conceitos.

(slide 1 e 2)

Até aqui fizemos o estudo da relatividade galileana que tem como princípio que as leis da mecânica são as mesmas em qualquer referencial de inércia.

(slide 3)

Durante aproximadamente 200 anos prevaleceu a visão newtoniana do Universo. Aos olhos de Newton o Universo era composto por partículas que se movimentavam através do espaço vazio sujeitas a forças que actuavam à distância e instantaneamente. Esperava-se que a mecânica newtoniana explicasse todos os fenómenos observáveis na natureza.

(slide 4)

No século XIX, Faraday fez uma descoberta de grande importância demonstrando a indução electromagnética. Após esta descoberta para Faraday a visão newtoniana do Universo deixou de fazer sentido. Segundo Faraday era necessário um meio para que as forças se propagassem e essa propagação não ocorria de modo imediato. Ele considerou que o espaço

estava preenchido por linhas de força que se encontravam ininterruptamente distribuídas através do mesmo. Ele destacou a importância das forças em detrimento das partículas contrariamente à mecânica newtoniana. Nasceu assim a ideia de campo de força e com ela a importância das propriedades físicas e geométricas do espaço.

(slide 5)

Em meados do século XIX James Maxwell expressou matematicamente as ideias de Faraday dando uma base teórica sólida ao electromagnetismo.

Através das suas equações, Maxwell conseguiu calcular, **teoricamente**, a velocidade a que se propagavam no vazio variações permanentes de campos eléctricos e magnéticos - as ondas electromagnéticas. Velocidade esta que seria uma constante com o valor que conhecemos hoje.

(slide 6)

Mas levanta-se uma questão: As ondas electromagnéticas precisam de um meio de propagação?

Desde o século IV a.C. que existiram vários períodos onde se negava a possibilidade da existência de espaço vazio no Universo. Contudo no auge da mecânica newtoniana aceitou-se a existência de espaço vazio uma vez que a propagação da luz foi explicada sobre a forma de partículas não se justificando então a existência de um meio de propagação.

O meio através do qual, supostamente, as ondas electromagnéticas se propagavam seria o **éter**.

(slide 7)

Mas o que era o éter?

O éter era um fluido que impregnava todo o espaço. Este fluido era extremamente rígido de modo a permitir o alcance da velocidade das ondas electromagnéticas e ao mesmo tempo era bastante ténue de modo a que não ocorresse fricção por parte dos astros ao atravessá-lo.

(slide 8)

Havia um problema: se as leis de Maxwell levaram a concluir que as ondas electromagnéticas se propagam a uma velocidade constante. A velocidade destas ondas seria independente da sua fonte emissora e isto não estaria de acordo com as transformações de Galileu, em particular com a Lei da Adição das Velocidades.

(slide 9)

Vejamos um exemplo que ilustra as duas versões. Qual das situações segue a Lei da Adição das Velocidades?

(slide 10)

Pensou-se que as Leis de Maxwell estariam erradas, mas estas tinham sido sujeitas a inúmeros testes experimentais e sempre apresentaram resultados satisfatórios. Também se considerou a hipótese de que as Transformações de Galileu estariam erradas e por consequência toda a mecânica newtoniana, pois as Leis de Newton eram invariantes perante as mesmas.

(slide 11)

Aceitaram-se então como válidas as equações de Maxwell em referenciais em repouso relativamente ao éter. Para referenciais que estivessem em movimento, com movimento uniforme relativamente ao éter, as equações deveriam ser modificadas recorrendo as Transformações de Galileu.

(slide 12)

Michelson e Morley realizaram uma experiência que visava confirmar a existência do éter. Esta confirmação seria obtida de forma indirecta calculando a velocidade da Terra relativamente ao éter.

(slide 13 e 14)

Esperava-se que a luz atravessasse o éter com diferentes velocidades, em diferentes direcções, de acordo com as Transformações de Galileu.

Uma fonte de luz emitia um feixe que seria dividido por um espelho semi-transparente. Um dos feixes teria a velocidade com que a luz atravessaria o éter. Os dois feixes percorrem percursos ligeiramente diferentes e com velocidades diferentes, logo chegam ao detector em instantes ligeiramente diferentes e são observadas franjas de interferência. Esperava-se que um feixe tivesse uma velocidade maior pois à sua velocidade relativamente ao éter é acrescentada a velocidade da fonte (que é a mesma da Terra) relativamente ao éter. No outro feixe a situação é diferente, quando o feixe é reflectido à sua velocidade relativamente ao éter é subtraída a sua velocidade relativamente à fonte. Girando o interferómetro num ângulo de 90° , como as velocidades dos dois feixes vão ser diferentes, pois os seus percursos relativamente ao éter seriam diferentes, Michelson e Morley esperavam observar alterações nas franjas de interferência devido à diferença de tempo que a luz leva a percorrer os trajectos. Os resultados desta experiência foram insatisfatórios. Não se observavam alterações nas interferências obtidas.

(slide 15)

Um físico holandês, chamado Hendrick Lorentz, elaborou um conjunto de novas transformações que ficaram conhecidas como as *Transformações de Lorentz*. Estas transformações não eram compatíveis com as de Galileu, mas sem alterar as leis da mecânica asseguravam a invariância das leis do electromagnetismo em diferentes referenciais inerciais. Contudo Lorentz não rejeitava a existência do éter e recorreu a um variado leque de hipóteses para sustentar a validade das suas transformações o que fez com que estas não fossem aceites na altura.

(slide 16)

Vejam um pequeno filme para tentar entender o porque de tanta preocupação com a velocidade da luz.

(slide 17)

No início do século XX um jovem físico de nome Albert Einstein conhecia o trabalho de Lorentz e as ideias de Mach que negava a existência do éter e o facto do espaço e o tempo serem absolutos. Com base nestes conhecimentos que Einstein possuía ele negou a existência do éter e deu outra interpretação ao resultado da experiência de Michelson - Morley.

(slide 18)

Este jovem físico criou a Teoria da Relatividade Restrita que tem como base dois postulados:

- As leis da física (e não só as da mecânica) são as mesmas em todos os referenciais de inércia.
- A velocidade da luz no vazio é a mesma em todos os referenciais de inércia.

O facto da velocidade da luz ser invariante provocou uma grande revolução nos conceitos de tempo e de comprimento que não estão de acordo com o nosso senso comum.

(slide 19)

Vejamos quais os motivos dessa revolução:

Como vimos atrás, para Galileu o tempo era invariante.

O tempo decorrido entre dois acontecimentos era o mesmo para todos os observadores em qualquer referencial inercial.

Para Galileu dois acontecimentos simultâneos num referencial inercial, também são simultâneos em qualquer outro referencial inercial.

(slide 20)

Vejamos o que acontece na relatividade einsteiniana quanto à simultaneidade de acontecimentos.

Se eu ligar a luz desta sala no interruptor parece-nos que instantaneamente obtemos luz vinda das lâmpadas desta sala, mas isso não ocorre de forma imediata. A luz viaja a uma velocidade muito elevada mas, contudo finita, e nos não temos sensibilidade para percebermos que a luz leva algum tempo a chegar desde a lâmpada aos nossos olhos. Posso vos dizer que isto já é perceptível se considerarmos o tempo que a luz do Sol demora a chegar à Terra, uma vez que tem que percorrer 150 milhões de quilómetros até cá chegar, demora aproximadamente 8 minutos a efectuar esse percurso.

Agora vejamos um exemplo que ilustra a relatividade da simultaneidade dos acontecimentos (mostrar animação):

Numa plataforma um observador que se encontra em repouso relativamente à mesma, percebe dois clarões de luz no mesmo instante, ou seja, no referencial ligado a plataforma os dois acontecimentos são detectados pelo observador em simultâneo.

Num comboio que se movimenta com velocidade constante relativamente à plataforma encontra-se um passageiro. O passageiro não detecta os dois clarões no mesmo instante. Isto quer dizer que no referencial ligado ao comboio o observador não detecta o acontecimento em simultâneo.

(slide 21)

(Filme com um exemplo semelhante.)

(slide 22)

(Discutir com os alunos como o facto da velocidade da luz ser constante justifica estes resultados.)

(slide 23)

Conclui-se assim que a simultaneidade de dois acontecimentos depende do referencial em que se encontra o observador ou detector.

Discutir com os alunos a ideia seguinte:

A dependência do referencial na simultaneidade dos acontecimentos apenas se faria sentir num comboio imaginário com grandes dimensões que viajasse a uma velocidade próxima da velocidade da luz.

(Entrega aos alunos de ficha formativa.)

Estratégias / Actividades

- Utilizar o software Modellus para ilustrar a experiência de Michelson - Morley.
- Utilizar o software Modellus e um filme para ilustrar porque não se pode somar velocidades à velocidade da luz.

- projecção de filmes de forma a introduzir a noção da dependência da simultaneidade dos acontecimentos do referencial onde se encontra o observador.

Materiais / Recursos

- Computador;
- Projector;
- PowerPoint;
- Colunas;
- Ficha de síntese de conceitos;
- Ficha formativa.

Avaliação

- Ficha formativa;
- Teste de Avaliação.

Reflexão

Iniciou-se esta aula fazendo a síntese dos conceitos leccionados na aula anterior, seguindo com os alunos uma ficha elaborada para o efeito. Com esta actividade foi dada aos alunos a oportunidade de exporem as suas dúvidas e de ficarem com uma síntese organizada dos conceitos abordados na aula anterior. Com este exercício foi possível constatar que tal como teoricamente foi previsto, pelo menos um aluno confundiu a noção referenciais acelerados com referenciais que se movem a altas velocidades. Os alunos não revelaram qualquer dificuldade em aplicar a Lei da Adição de Velocidades nem em distinguir grandezas físicas de grandezas relativas.

Depois de concluída a síntese dos conteúdos da aula anterior prosseguiu-se com a introdução à Teoria da Relatividade Restrita seguindo a planificação da aula. Esta planificação foi realizada de forma a elucidar os alunos de que as ideias de Albert Einstein não surgiram espontaneamente, mas que Einstein tal e qual outros grandes nomes da ciência, ergueram-se sobre os ombros de gigantes. Tentou-se mostrar de forma muito sintetizada o

longo percurso da Física entre a Teoria da Relatividade Galileana e a Teoria da Relatividade Restrita.

Recorreu-se a um vídeo de uma animação realizada no software Modellus para mostrar um exemplo que confronta a aplicação da Lei da Adição de Velocidades de Galileu à velocidade da luz com as ideias de Maxwell.

Para abordar a experiência de Michelson - Morley apresentou-se um filme de mais uma simulação criada no software Modellus de modo a facilitar a compreensão por parte dos alunos do objectivo da desta experiência. Contudo as maiores dificuldades manifestadas pelos alunos nos conteúdos leccionados nesta aula relacionam-se com esta experiência. Revelaram alguma dificuldade em entender como se esperava provar a presença do éter através da experiência. Esta dificuldade deve-se principalmente ao que se acreditava ser a constituição do éter, uma vez que lhe eram atribuídas características contraditórias.

Para mostrar a importância de a velocidade da luz ser constante e de não somar velocidades à mesma, projectou-se uma pequena parte da série *Cosmos*, em que se exemplifica o que aconteceria caso fosse correcto somar velocidades à velocidade da luz. Foi notória a rapidez com que os alunos entenderam o exemplo revelando, desta forma, que na sua maioria estavam a assimilar satisfatoriamente os conceitos leccionados. Após este exercício também foi simples para os alunos compreender a dependência da simultaneidade de eventos do referencial em que se encontra o observador (ou detector). Para tal foi apresentado um filme de uma animação concebida no software Modellus e um pequeno vídeo demonstrativo. É de realçar que foram os próprios alunos que concluíram (guiados pela professora estagiária) que a dependência da simultaneidade de eventos do referencial em que se encontra o observador deve-se ao facto da velocidade da luz ser constante. Também foram os próprios alunos que chegaram a conclusão de que tal facto apenas se poderia verificar, no caso do exemplo estudado (dois clarões de luz que acendem nas extremidades de um comboio, visto por um observador que se encontra no centro do comboio e visto por um observador que se encontra na plataforma), num comboio de grandes dimensões e que viajasse a uma velocidade muito próxima da velocidade da luz uma vez que eles não têm sensibilidade em perceber o intervalo de tempo que separa a chegada dos dois clarões de luz num comboio com as dimensões normais e que viaje à sua velocidade habitual.

Para concluir a aula distribuiu-se aos alunos uma ficha formativa com algumas questões sobre os conceitos abordados durante a aula. Os alunos mostraram maiores dificuldades em exemplificar a invariância das leis da física em diferentes referenciais inerciais, principalmente em expressar as suas ideias na forma de esquema e mesmo na forma escrita. Após a apreciação da resolução da ficha formativa conclui-se que a maioria dos alunos teve uma apreciação satisfatória na globalidade da ficha formativa.

Aula n.º 3: Teoria da Relatividade Restrita: Consequências da invariância da velocidade da luz.

Breve descrição da aula

- Dilatação do tempo.
- Contração dos comprimentos.

Tempo

90 Minutos

Objectivos de aprendizagem

- Identificar a teoria da relatividade restrita como uma teoria que se deve aplicar a movimentos com velocidades elevadas próximas da velocidade da luz.
- Reconhecer o que se entende por intervalo de tempo próprio.
- Reconhecer o efeito de dilatação temporal e aplicar a respectiva expressão.
- Definir comprimento próprio.
- Reconhecer o efeito de contração espacial e aplicar a respectiva expressão.
- Reconhecer que a teoria newtoniana é um caso particular da relatividade restrita no limite das baixas velocidades ($v \ll c$).
- Conhecer evidências experimentais da relatividade restrita.

Principais dificuldades previstas

- Distinguir o referencial próprio de um dado acontecimento como aquele que se encontra em repouso em relação ao acontecimento (evento).
- Entender que a dilatação do tempo e a contracção do espaço são fenómenos que **realmente** acontecem mas que apenas são perceptíveis em referenciais que se movem com velocidades próximas da velocidade da luz relativamente ao referencial próprio.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

(slide 1 e 2)

Recordar os postulados da Teoria da Relatividade Restrita e o que se concluiu nesta teoria relativamente à simultaneidade de acontecimentos.

(slide 3)

Agora vejamos mais consequências do facto da velocidade da luz ser constante:

Mostrar o filme e dar a oportunidade aos alunos de reflectir sobre o filme.

(slide 4)

Estudemos uma situação em que temos o Einstein dentro de uma nave em repouso.

No chão da nave existe uma fonte de luz que emite um feixe que será reflectido por um espelho que se encontra no tecto.

Einstein vai medir no seu relógio e tomar nota do tempo que o feixe de luz demora no seu percurso de ida e de volta.

Fora da nave se encontra a sua ajudante que também vai medir no seu relógio, que se encontra **sincronizado** com o de Einstein, e tomar nota da mesma ocorrência.

Os dois também vão medir e registar, com fitas métricas idênticas, o comprimento da janela da nave.

Os dois obtiveram resultados idênticos:

- O tempo registado foi de 10 segundos.
- O comprimento registado foi de 100 unidades de medida.

Não observamos nada de estranho...

(slide 5)

Vejamos outra situação:

Nesta situação a nave não está em repouso mas viaja a 0,15 da velocidade da luz.

Os tempos e os comprimentos registados por Einstein e pela sua ajudante não são os mesmos! Variam ligeiramente, Einstein registou os mesmos resultados que na situação anterior mas a sua assistente não:

- O tempo registado foi de 10,11 segundos.
- O comprimento registado foi de 98,87 unidades de medida.

(slide 6)

Vejamos mais um filme:

Neste filme a nave não está em repouso mas viaja a 0,9 da velocidade da luz.

Nesta situação a diferença entre os registos é ainda mais acentuada!

Vejamos porquê:

Vamos analisar primeiro o tempo:

No relógio de Einstein passaram 10 segundos como tínhamos visto no filme anterior.

No relógio da sua ajudante passaram 22,94 s.

Como se justifica que o mesmo fenómeno demore mais tempo a acontecer?

Ao intervalo de tempo que Einstein mediu no seu relógio vamos chamar de intervalo de tempo próprio e vamos representar por Δt_0 . O intervalo de tempo próprio é aquele que se pode

medir num só relógio, é aquele que se mede num referencial próprio, que é um referencial que está em repouso relativamente ao evento.

(Discutir com os alunos se, neste caso, um referencial ligado a ajudante de Einstein está em movimento ou não relativamente ao evento considerado, se o referencial é ou não um referencial próprio.)

O feixe de luz percorreu a distância, D , que separa a fonte do espelho duas vezes, uma de ida e outra de volta. Esse percurso é feito com uma velocidade constante, c , a velocidade da luz.

Se a nave se movimentar com velocidade constante em relação a um referencial inercial, como por exemplo a Terra, Einstein não regista qualquer alteração.

Mas a sua ajudante que permanece em Terra registou alterações no tempo decorrido:

(slide 7)

O intervalo de tempo será maior uma vez que a luz tem que percorrer uma distância maior.

Houve uma dilatação do tempo...

Isto pode ser demonstrado matematicamente:

Assim temos:

Distância entre os dois espelhos: D

Distancia percorrida pela luz: $2 \times D$

Intervalo de tempo próprio: Δt_0

$$2 \times D = c \times \Delta t_0$$

$$D = \frac{c \times \Delta t_0}{2} \quad (1)$$

$$\Delta t_0 = \frac{2 \times D}{c}$$

(slide 8)

Quando a nave se movimenta com velocidade constante em relação a Terra, visto no referencial ligado à assistente de Einstein, o trajecto efectuado pela luz é o que se observa na figura:

Observam-se na figura dois triângulos rectângulos.

Temos:

Distância percorrida pela luz: $2 \times L$

Intervalo de tempo: Δt

(Este intervalo de tempo é medido em dois locais diferentes, sendo para isso necessário dois relógios sincronizados, um no local de partida e outro no local da chegada.)

Cateto 1: D

Cateto 2: $\frac{v \times \Delta t}{2}$

Teorema de Pitágoras:

$$h^2 = c^2 + c^2$$

$$L^2 = D^2 + \left(\frac{v \times \Delta t}{2} \right)^2 \quad (2)$$

(slide 9)

Atendendo a que a velocidade da luz é constante, conclui-se que a luz percorreu o trajecto L em metade do intervalo de tempo medido:

Já conhecíamos:

$$L = \frac{c \times \Delta t}{2}$$

$$D = \frac{c \times \Delta t_0}{2} \quad (1)$$

(slide 10)

Substituindo em (2):

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{c \times \Delta t}{2}\right)^2 - \left(\frac{v \times \Delta t}{2}\right)^2 &= \left(\frac{c \times \Delta t_0}{2}\right)^2 \\
 (c \times \Delta t)^2 - (v \times \Delta t)^2 &= (c \times \Delta t_0)^2 \\
 c^2 \times \Delta t^2 - v^2 \times \Delta t^2 &= c^2 \times \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 \times (c^2 - v^2) &= c^2 \times \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 &= \frac{c^2 \times \Delta t_0^2}{(c^2 - v^2)} \\
 \Delta t^2 &= \frac{\Delta t_0^2}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \\
 \Delta t &= \frac{\sqrt{\Delta t_0^2}}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)}}
 \end{aligned}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)}} \quad (3)$$

Agora vejamos o que acontece quanto aos comprimentos:

(slide 11)

Nos dois casos Einstein obteve o mesmo resultado quando mediu o comprimento da janela da nave: 100 unidades de medida.

A ajudante de Einstein verifica que houve uma **contração** dos comprimentos.

Ao comprimento que medimos no referencial próprio chamamos de **comprimento próprio**, ΔL_0 .

O comprimento próprio da janela pode ser calculado a partir da velocidade da nave em relação à ajudante e do tempo dilatado obtido no relógio da ajudante:

$$L_0 = v \times \Delta t$$

$$v = \frac{L_0}{\Delta t} \quad (4)$$

O comprimento medido pela ajudante pode ser calculado recorrendo ao tempo próprio:

$$L = v \times \Delta t_0$$

$$v = \frac{L}{\Delta t_0} \quad (5)$$

(slide 12)

Igualando (3) e (4):

$$\frac{L}{\Delta t_0} = \frac{L_0}{\Delta t}$$

$$\frac{L}{L_0} = \frac{\Delta t_0}{\Delta t}$$

$$L = L_0 \times \frac{\Delta t_0}{\Delta t} \quad (6)$$

Já conhecíamos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (3)$$

Substituindo em (6):

$$L = L_0 \times \frac{\Delta t_0}{\frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}}$$

$$L = L_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

(slide 13)

Podemos concluir com este estudo que:

- A velocidade da luz é uma velocidade máxima e que apenas a luz consegue atingir esse valor.
- $\Delta t > \Delta t_0$ e por isso há dilatação do tempo. Quanto maior for a velocidade a que o relógio se desloca maior será a dilatação do tempo.
- Para velocidades muito inferiores à da luz $\Delta t = \Delta t_0$, estando de acordo com a Relatividade Galileana. Neste caso se verifica que a Teoria da Relatividade Restrita engloba a Relatividade Galileana.
- Como $L < L_0$ há contracção do comprimento.
- Quanto maior for a velocidade a que o objecto se desloca, maior será a contracção do comprimento do mesmo.
- O comprimento próprio é o maior dos comprimentos medidos.
- Para velocidades muito inferiores à da luz $\Delta L = \Delta L_0$, estando de acordo com a relatividade galileana.

Estratégias / Actividades

- Utilizar um excerto da série *Cosmos* e o software Modellus de modo a ilustrar os fenómenos da dilatação do tempo, contracção do espaço.
- Ficha de síntese de conteúdos que deve ser preenchida no decorrer da aula de forma que os alunos sejam obrigados a reflectir sobre os conceitos abordados.

Materiais / Recursos

- Computador;
- Projector;
- PowerPoint;
- Colunas;
- Ficha de síntese de conteúdos;
- Ficha formativa

Avaliação

- Ficha formativa;
- Teste de avaliação.

Reflexão

Iniciou-se esta aula colocando algumas questões aos alunos de modo a fazer uma pequena síntese dos conceitos abordados na aula anterior.

Em seguida prosseguiu-se com a aula conforme planificado leccionando a dilatação do tempo e a contracção do espaço como consequências da velocidade da luz ser constante. Para começar apresentou-se aos alunos mais um excerto da série *Cosmos* em que é exemplificado o que se observaria se fosse possível viajar à velocidade da luz. Após mostrar o filme pediu-se aos alunos que relatassem o que viram de diferente naquele filme.

Em seguida prosseguiu-se com a noção de referencial próprio e com a abordagem matemática do assunto tentando conduzir os alunos, com o apoio de alguns filmes de animações realizadas no programa Modellus. Na construção das animações teve-se especial cuidado em mostrar em simultâneo a contracção do espaço e a dilatação do tempo, facto que não se verifica em muita da bibliografia consultada para a planificação da aula. É muito importante apresentar sempre os dois efeitos em simultâneo para não dar asas a concepções erradas, uma vez que os dois efeitos são simultâneos. Destaca-se aqui mais uma vez o cuidado em utilizar um exemplo muito próximo do existente no manual adoptado para a construção da animação. Utilizou-se também uma ficha de síntese dos conceitos para o apoio da dedução das expressões da dilatação do tempo e da contracção do espaço. Uma vez que estes alunos possuem grandes dificuldades no domínio da matemática, demoraram um pouco mais do que esperado a concluir esta tarefa. Este exercício foi realizado individualmente por cada aluno com recurso ao apoio da professora estagiária. Consequentemente foi dedicado menos tempo a abordagem da expressão da contracção do espaço. Esta expressão foi deduzida por um aluno no quadro, de forma a rentabilizar o tempo. Para sintetizar, seguindo a ficha que lhes foi fornecida, os alunos fizeram em conjunto a síntese das principais ideias associadas à Teoria da Relatividade de Galileu e à Teoria da Relatividade Restrita na forma de quadro comparativo.

Nesta aula sentiu-se a necessidade de mais tempo para aprofundar o estudo destes dois fenómenos. Fica como sugestão a exploração gráfica da dilatação temporal e a contracção do espaço que foi impossível incluir na planificação devido ao tempo limitado concedido para a leccionação desta subunidade.

Elaborou-se uma ficha com exercícios sobre os conteúdos leccionados. Esta ficha não foi resolvida na aula devido a falta de tempo mas foi distribuída aos alunos para que eles resolvessem de forma autónoma.

Num balanço geral conclui-se que os alunos apenas mostraram dificuldades no recurso da matemática, não demonstrando dificuldades a realçar ao nível da compreensão dos conceitos leccionados.

Aula n.º 4: Relação entre massa e energia. Relatividade Geral e Princípio da Equivalência

Breve descrição da aula

- Relação entre massa e energia.
- Relatividade Geral.
- Princípio da Equivalência.

Tempo

45 Minutos + 45 minutos (teste de avaliação)

Objectivos de aprendizagem

- Interpretar a expressão que relaciona a massa e a energia.
- Relacionar a insuficiência da teoria da gravitação de Newton com o aparecimento da Teoria da Relatividade Geral.
- Reconhecer que as interacções gravíticas são interpretadas, na Relatividade Geral, como uma deformação do espaço-tempo.

- Reconhecer que a Relatividade Geral descreve fenómenos em referenciais acelerados.
- Enunciar e interpretar o Princípio da Equivalência.
- Reconhecer o eclipse total de 1919 como a primeira evidência experimental da teoria da Relatividade Geral.
- Reconhecer a gravidade como um efeito da curvatura do espaço-tempo ocasionada pela existência de massas.

Principais dificuldades previstas

- Assimilar que nas situações do quotidiano, dado o elevado valor da velocidade da luz, sempre que a energia de um corpo sofre alguma alteração de uma certa quantidade, a variação de massa correspondente não é detectável.
- Compreender que a gravidade é um efeito da curvatura do espaço-tempo ocasionada pela existência de massas.

Desenvolvimento da aula

Nota: A apresentação (*slides*) encontra-se disponível em apêndice.

(slide 1, 2 e 3)

A equação mais conhecida da física é a que relaciona a massa e a energia:

$$E_0 = mc^2$$

E_0 - energia em repouso.

A energia em repouso é a energia de uma partícula com determinada massa e que se encontra em repouso relativamente a um referencial inercial. Esta é uma grandeza invariante.

(slide 4)

Quando foi feito o estudo das leis da conservação do momento linear e da energia cinética verificou-se que as fórmulas clássicas não descreviam consistentemente estas leis na nova teoria relativista.

Pensemos:

Se uma partícula de massa m for actuada por uma força constante, partindo de:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Se utilizarmos a relação clássica para o momento linear:

$$\vec{p} = m \times \vec{v}$$

Obtemos:

$$\vec{F} = m \times \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{F} = m \times \vec{a}$$

(slide 5)

Isto nos leva a concluir que se for aplicada numa partícula de massa m uma certa força constante, a velocidade da partícula irá aumentando com o tempo indefinidamente e sem limite.

(slide 6)

Isto não está de acordo com a teoria da relatividade restrita que nos diz que a velocidade da luz é uma velocidade máxima que apenas a luz consegue atingir.

(slide 7)

Visto isto a equação $\vec{p} = m \vec{v}$ e por consequência a equação $\vec{F} = m \vec{a}$ tiveram que ser substituídas, mantendo-se apenas para velocidades pequenas, muito inferiores à velocidade da luz.

(slide 8)

O que se entende por **massa de uma partícula** é a massa da partícula quando esta se encontra em repouso. Como a variação da velocidade a que a partícula se desloca se traduz numa variação da sua inércia, a **massa efectiva** de uma partícula é dada pela relação:

$$m_{\text{ef}} = \frac{m}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

(slide 9)

Explorar dois exemplos: um em que se pode desprezar a correcção relativista e outro em que não se pode desprezar esta correcção.

Calculando a energia cinética do objecto mais veloz construído pelo ser humano (Voyager II) utilizando a expressão conhecida pela Mecânica Clássica e a correcção relativista a diferença é mínima. Se analisarmos a energia cinética de um protão acelerado até uma velocidade muito próxima da velocidade da luz no HCL verificasse uma diferença de aproximadamente 99%, logo nesta situação é necessário utilizar a correcção relativista.

(slide 10)

Einstein ao calcular o trabalho realizado para levar a partícula desde o repouso até uma dada velocidade recorrendo ao Teorema da Energia Cinética: $W = \Delta E_c$ obteve a expressão:

$$W = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2 = \Delta E_c$$

Daqui conclui-se que $E_0 = mc^2$.

Esta expressão permite concluir que uma partícula, mesmo não estando em movimento, apenas pelo simples facto de ter massa possui também energia!

(slide 11)

Sabendo:

$$E_{\text{total}} = \Delta E_c + E_0$$

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2 + m \times c^2$$

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2$$

(slide 12)

Sabendo:

$$\Delta E = E_{\text{total}} - E_0$$

$$\Delta E = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2$$

$$\Delta E = \left(\frac{m}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - m \right) \times c^2$$

(slide 13)

E conclui-se:

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

Esta expressão permite concluir que:

- A energia que um corpo ganha ou perde está directamente relacionada com o seu aumento ou diminuição de massa, ou de inércia.
- É possível converter massa em energia e vice-versa.

Estas variações de massa não são perceptíveis no nosso dia-a-dia.

(slide 14)

(vídeo)

Com isto concluímos a nossa abordagem aos aspectos essenciais da teoria da relatividade restrita...

(slide 15)

Einstein procurava encontrar uma forma invariante de apresentar a física.

Por um lado Teoria da Relatividade Restrita apenas se aplicava a referenciais inerciais e por outro lado a Teoria da Gravitação de Newton apresentava algumas insuficiências. A teoria de Newton assume as forças gravíticas como interacções **instantâneas** e à distância, mas como vimos, nada supera a velocidade da luz! Esta teoria também não explica o avanço da orbita do planeta Mercúrio.

Einstein tenta explicar os fenómenos que ocorrem em referenciais acelerados...

(slide 16)

Imaginem que nos encontramos numa nave no espaço, longe de qualquer influência de qualquer campo gravítico. O nosso corpo flutua dentro desta nossa nave imaginária, pois dentro da nossa nave não há forças gravíticas. Imagina que a nave acelera para cima. Nenhuma força é aplicada sobre nós, logo o nosso corpo permanecerá no mesmo sítio e veremos o chão da nave a aproximar-se de nós! Não somos capazes de distinguir esta situação de uma situação em que haja presença de campo gravítico dentro da mesma nave estando esta em repouso.

(slide 17)

Chegamos assim ao Princípio da Equivalência enunciado por Einstein que diz o seguinte:

Os efeitos da aceleração de um referencial são indistinguíveis dos efeitos de um campo gravítico.

O astronauta acende uma lanterna. Se a nave acelerar para cima a luz encurva como podes observar na **imagem**.

Se os efeitos da aceleração de um referencial são indistinguíveis dos efeitos de um campo gravítico então os raios de luz podem ser curvados na presença de um campo gravítico.

(slide 18)

Este fenómeno foi observado num eclipse total no norte do Brasil e nas Ilhas de São Tomé e Príncipe em 1919. Este eclipse foi a primeira evidência experimental da Teoria da Relatividade Geral!

Foi feito um estudo das posições relativas de estrelas e no dia do eclipse verificaram-se alterações nessas mesmas posições. Assim concluiu-se que luz proveniente dessas mesmas estrelas foi desviada devido a presença de um campo gravítico. Este campo gravítico deve-se à presença do Sol.

(slide 19)

O que acontece é que a gravitação é uma deformação do espaço-tempo devido a massa dos corpos. A luz vai a direito... a geometria do espaço é que se encontra alterada...

As grandes concentrações de matéria levam a grandes deformações do espaço-tempo, de onde a luz não consegue sair, que são os buracos negros.

Estratégias / Actividades

- Documento de síntese de conteúdos com as deduções matemáticas para que os alunos, caso o considerem necessário, consultem no decorrer da aula expressões matemáticas que já tenham sido abordadas em slides anteriores.
- Exemplos que ilustram quando se pode utilizar a expressão da energia cinética utilizada na Mecânica Clássica e quando é necessário realizar a correcção relativista.
- Filme que demonstra como a fissão nuclear gera energia nuclear.
- Imagens para apoiar a abordagem ao Princípio de Equivalência, à sua primeira evidência experimental e à gravidade como uma deformação do espaço-tempo.

Materiais / Recursos

- Computador;
- Projector;

- Colunas;
- PowerPoint;
- Documento de síntese de conteúdos;
- Teste de Avaliação.

Avaliação

Observação.

Reflexão

Nesta aula finalizou-se a abordagem à Teoria da Relatividade Restrita com o estudo da relação entre massa e energia. Conforme planificado explicou-se o porquê de algumas expressões utilizadas na Mecânica Clássica apenas poderem ser aplicadas a situações que envolvem velocidades muito próximas da velocidade da luz com uma correcção relativista. Utilizou-se para consolidar exemplos que ilustram quando se pode utilizar a expressão da energia cinética utilizada na Mecânica Clássica e quando é necessário realizar a correcção relativista. Tentou-se explicar da forma mais simples possível como Einstein chegou à expressão que relaciona a variação da energia com a variação da massa a partir do teorema da energia cinética. Para apoio do aluno disponibilizou-se um documento de síntese de conteúdos com as deduções matemáticas para que os alunos, caso o considerassem necessário, consultassem no decorrer da aula expressões matemáticas que já tinham sido abordadas em slides anteriores. Para consolidar estas ideias apresentou um filme que demonstra como a fissão nuclear gera energia nuclear.

De forma a concluir o estudo das teorias relativistas fez-se uma abordagem rápida à Teoria da Relatividade Geral. Começou-se por nomear as principais insuficiências da Teoria da Relatividade Restrita e a procura pela parte de Einstein de uma forma invariante de apresentar a física. Em seguida abordou-se o Princípio da Equivalência. As dúvidas dos alunos surgiram quando se abordou a primeira evidência experimental da teoria, apesar de a maioria ter assistido a conferência do Dr. Paulo Crawford “Da Ilha do Príncipe aos Confins do Universo” na Fundação Calouste Gulbenkian. Explicou-se qual a necessidade de uma grande massa para que fosse perceptível a curvatura da luz e daí a necessidade de um eclipse total do Sol. Os alunos tiveram dificuldades em associar o Princípio da Equivalência a esta situação e em

reconhecer a gravidade como um efeito da curvatura do espaço-tempo ocasionada pela existência de massas.

Culminou-se a subunidade com um teste de avaliação adequado a 45 minutos a pedido da Orientadora do Estágio. Após a correcção do teste verificou-se com satisfação que apenas dois alunos que apresentaram um fraco desempenho ao longo do ano lectivo obtiveram uma avaliação negativa. Os restantes alunos, incluindo dois alunos que também evidenciaram dificuldades ao longo do ano lectivo, obtiveram uma avaliação positiva.

4 Conclusão

Conclui-se de modo geral que os nove meses abrangidos pelo Estágio Pedagógico foram de grande dedicação e aprendizagem. Tentou-se nesse período tirar partido de todo o tipo de experiências vividas na comunidade escolar.

O Estágio Pedagógico serviu de transição entre o estatuto de aluno e o estatuto de professor. Foi marcado por uma grande mudança ao nível das responsabilidades incumbidas, nas relações estabelecidas e nas expectativas traçadas. Após tantos anos passados num ambiente em que se vestiu a pele de aluno ao transitar para a pele de professor é necessário fazer uma gestão dos sentimentos de nervosismo perante a responsabilidade incumbida pela profissão. É fundamental fazer uma gestão das expectativas que depositamos ao longo de todo o curso em que se ansiou pela chegada do Estágio Pedagógico e da oportunidade de estar perante uma turma e exercer a prática do ensino. A postura do professor dentro e fora da sala de aula é de grande importância. É fundamental procurar a forma mais correcta de interagir com os alunos dentro e fora da sala de aula numa perspectiva de conquistar a simpatia e a confiança do aluno sem exageros de modo a manter o cariz profissional e conquistar o respeito dos alunos.

Desmistificou-se ao longo do Estágio Pedagógico a ideia de que dominar os conteúdos a leccionar é o suficiente para garantir uma boa aprendizagem por parte dos alunos. A forma em como esses conteúdos são expostos é de igual importância e adequa-los aos alunos em questão também. Verificou-se que a pré-disposição do aluno para a aprendizagem é indispensável para que atinja o sucesso escolar. O meio envolvente, a condição social, profissional e económica dos Encarregados de Educação condiciona a aprendizagem do aluno. A postura do Encarregado de Educação perante a situação escolar do aluno é muito importante e a oportunidade de reunir com os mesmos foi umas das experiências mais enriquecedoras proporcionadas pelo Estágio Pedagógico. Foi possível constatar quais os

Encarregados de Educação que estiveram presentes nas reuniões, os que reuniram com a Directora de Turma no seu horário de atendimento, quais as suas inquietações, analisar o discurso dos mesmos e concluir o tipo de influência exercida nos seus educandos.

O Estágio Pedagógico permitiu a inserção da professora estagiária na comunidade escolar, permitindo a constatação da importância de cada elemento que a constitui e a interacção existente entre os mesmos. Também permitiu a consciencialização para os aspectos burocráticos da profissão. Realçou a importância de muitos aspectos, nomeadamente, de uma boa planificação das aulas, da experiência do professor, da ajuda entre os colegas de trabalho e do trabalho em equipa, do bom ambiente entre colegas, do lado humano do professor, da criatividade necessária para cativar os alunos mais desmotivados, a paciência e boa disposição que a profissão exige. Esta experiência foi de tal forma enriquecedora que é extremamente complicado relata-la na íntegra.

A planificação das aulas leccionadas foi alvo extrema dedicação. Aprofundaram-se os conhecimentos já existentes e teve-se extrema atenção para a concretização de aulas que cativassem o interesse dos alunos. A avaliação dos alunos em relação aos conteúdos leccionados foi de modo geral positiva, não se verificando decréscimo no desempenho relativamente à avaliação feita nos conteúdos leccionados pela professora responsável pelas turmas. É fundamental referir que se constatou ao longo do decorrer do Estágio Pedagógico que as dificuldades que alguns alunos possuem no domínio da Matemática resultam num entrave para o seu sucesso nas disciplinas do âmbito da Física e da Química. Para exemplificar apresenta-se em seguida uma resposta que se destaca pela negativa apresentada por um aluno do 12.º ano no teste de avaliação:

4. Uma barra move-se com velocidade $v=0,6c$ em relação a um referencial num laboratório. Nesse referencial (em movimento) a barra tem um comprimento de 1,2 m. Qual o comprimento da barra no referencial do laboratório?

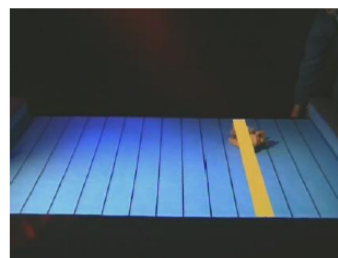
$$\begin{aligned}
 v &= 0,6 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad \text{e} \quad v = 1,8 \times 10^8 \text{ m/s} \quad | \quad L = 1,2 \text{ m} \\
 1,2 &= L_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \Leftrightarrow 1,2 = L_0 \times \sqrt{1 - 0,36} \Leftrightarrow L_0 = \frac{1,2}{\sqrt{1 - 0,36}} \times \frac{-\sqrt{1 - 0,36}}{-\sqrt{1 - 0,36}} \\
 &\Leftrightarrow L_0 = \frac{1,2 - \sqrt{1 - 0,36}}{((\sqrt{1})^2 - (-0,36)^2)} \Leftrightarrow L_0 = \frac{1,2 - \sqrt{1 - 0,36}}{1 - 0,1296}
 \end{aligned}$$

Figura 4.1. Resposta de um aluno do 12.º ano à questão 4 do teste de avaliação sobre Teorias da Relatividade.

O aluno conseguiu identificar o referencial próprio, e por sua vez o comprimento próprio, mas não conseguiu realizar os cálculos correctamente.

Em seguida apresenta-se a resposta de um aluno do 12.º ano numa questão de uma ficha referente a lei de adição de velocidades.

3. Se inclinarmos a escavadora 45° para a esquerda, qual deverá ser a velocidade da passadeira (sentido da esquerda para a direita) para que a escavadora atravessasse a mesma numa direcção perpendicular ao seu movimento?



$$\begin{aligned}
 &\text{Diagrama de um triângulo retângulo com ângulo de } 45^\circ \text{ e hipotenusa } x. \\
 &45^\circ = \frac{x}{4} \\
 &x = 4 \cdot 45 = 180 \\
 &16 = 0,7 \cdot 180
 \end{aligned}$$

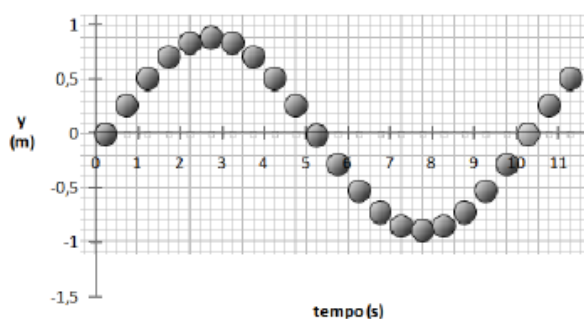
$v = 0$
 $\alpha = 45^\circ$

Figura 4.2. Resposta de um aluno do 12.º ano à questão 3 de ficha formativa sobre a lei de adição de velocidades.

Na *figura 4.2* está exemplificada a dificuldade que alguns apresentam em representar esquematicamente o problema para além de evidenciar um fraco domínio da trigonometria.

Outros alunos se destacaram pela positiva como no exemplo apresentado em seguida. Um aluno do 8.º ano numa ficha sobre as grandezas características das ondas apresentou a sua resposta de forma organizada e mostrou saber aplicar a matemática na resolução dos problemas.

7. A figura seguinte mostra o gráfico da coordenada vertical em função do tempo de algumas partículas de uma onda transversal.



7.2 Qual é a frequência de oscilação da onda?

$$\frac{1 \text{ oscilação}}{10 \text{ segundos}} = \frac{x \text{ oscilações}}{1 \text{ segundo}} \quad x = \frac{1 \times 1}{10} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ Hz}$$

R. A frequência é de 0,1 Hz

Figura 4.3. Resposta de um aluno do 8.º ano à questão 7.3 de uma ficha formativa sobre grandezas características das ondas.

Também se destaca pela positiva a resposta do aluno do 12.º ano numa ficha sobre a Teoria da Relatividade Restrita pois expõe as suas ideias num texto organizado, coerente, sintético mas completo:

2. Supõe que um observador se encontra parado num planeta e vê dois relâmpagos atingirem simultaneamente a frente e a traseira do compartimento de um foguetão de alta velocidade. Será que os relâmpagos são simultâneos para um observador no meio do compartimento da nave? (Assumimos aqui que um observador pode detectar pequenas diferenças de intervalos de tempo necessários para a luz viajar desde as extremidades para o centro do compartimento).



Não, pois sendo a velocidade da luz constante e fazendo movimento na direcção de uma das extremidades, a luz terá de percorrer distâncias diferentes conforme a extremidade da qual parte, fazendo com que o observador veja os raios em instantes diferentes.

Figura 4.4. Resposta de um aluno do 12.º ano à questão 2 de uma ficha formativa sobre a Teoria da Relatividade Restrita.

Considera-se pertinente referir que se constatou que, sendo a Escola Secundária do Monte de Caparica uma escola inserida no programa TEIP, abriga na sua comunidade educativa um leque de alunos com características bastante diversificadas. Encontraram-se nesta escola alunos oriundos de meios bastantes desfavorecidos mas também se encontrou o oposto. No decorrer do Estágio Pedagógico constatou-se a existência nesta escola de alunos com histórias de vida difíceis, alunos desmotivados e turmas problemáticas, mas também se encontraram alunos com dificuldades mas empenhados e alunos com bastante potencial.

Conquistou-se o respeito e a simpatia dos alunos com os quais se interagiu, desde as crianças com as quais se realizaram as actividades do Primeiro Ciclo aos alunos do 12.º ano. Quebrou-se o “medo” dos alunos em colocar dúvidas ao professor. Em algumas ocasiões os alunos recorreram ao apoio da professora estagiária para colocar questões de conteúdos não leccionados pela mesma. Tal se considera uma grande conquista uma vez que os alunos têm dificuldade em procurar ajuda para superar as dificuldades na aprendizagem.

O trabalho realizado no âmbito das actividades experimentais como na exploração dos kits do projecto ciência viva foi bastante enriquecedor. É de grande importância para um professor de Ciências Físico-Químicas sentir-se à vontade na prática de actividades experimentais. A melhor forma de conquistar esse à-vontade passa pela exploração das mesmas.

O acompanhamento da Direcção de Turma, das visitas de estudo, das aulas de formação cívica e a prática da actividade de Tutoria, serviram para uma maior interacção com a comunidade escolar proporcionando à professora estagiária um leque de experiências que servirão para facilitar com certeza o desempenho da profissão no futuro. Estas actividades serviram também para constatar que ser professor não é de todo apenas leccionar.

Referências bibliográficas

- Alonso, M. & Finn, E. (1999). *Física*. Espanha: Pearson Educación. S. A.
- Bello, A., Caldeira, H., & Gomes, J. (2009). *Ontem e Hoje* (1.^a ed.). Porto. Porto Editora.
- Brogueira, P., Deus, J., Noronha, A. Peña, T. & Pimenta, M. (1992). *Introdução à Física*. Lisboa: Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda.
- Caldeira, C., Neves, M. Valadares, J. & Vicente, M. (2007). *Ciências Físico - Químicas - Sustentabilidade na Terra* (1.^a ed.). Lisboa: Didáctica Editora Lda.
- Campante, M., Gradim, M., Maciel, N. & Villate, J. (2005). *Eu e a Física*. Porto: Porto Editora.
- Cardoso, E., Fiolhais, M., Nogueira, R., Paixão, J., Sousa, M. & Ventura, G. (2004). *Programa de Física 12º Ano*. Acedido em 10 Setembro, 2009 em https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/168469/1/fisica_12_homol.pdf
- Despacho n.º 19308/2008. *Diário da República n.º 139 – 2.ª Série*. Ministério da Educação. Lisboa
- Falkembach, G. (2005). *Concepção e desenvolvimento de material educativo digital*. Acedido em 18 Junho, 2010 em http://www.cinted.ufrgs.br/renote/maio2005/artigos/a23_materialeducativo.pdf
- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Paixão, J. & Ventura, G. (2009). *12 F Física* (1.^a ed.). Lisboa: Texto Editores, Lda.
- Freire, A., Galvão, C., Lopes, A., Neves, A., Oliveira, M., Pereira, M., Santos, M. & Vilela, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais. Orientações Curriculares. 3º Ciclo*. Acedido em 10 Setembro, 2009 em <http://www.dgicd.min->

edu.pt/recursos/Lists/Repositrio%20Recursos2/Attachments/176/orientcurric_ciencias_fisicas_naturais.pdf

Halliday, D. Resnick, R. e Walker, J. (2001). *Fundamentals of Physics* (6.^a ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Lage, B. (1945). *Didáctica geral da escola moderna*. Porto.

Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica. (n.d.) *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*. Acedido em 18 Junho, 2010 em http://www.dgidec.min-edu.pt/recursos/Lists/Repositrio%20Recursos2/Attachments/84/Curriculo_Nacional.pdf

Papert, S. (1997). *A Família em Rede*. Lisboa: Relógio D'Água Editores.

Apêndice I - Ficha de Trabalho 8.º ano



Escola Secundária do Monte de Caparica



Ficha de trabalho

Aluno _____ nº _____ Turma _____

Grandezas Características das Ondas

As ondas possuem características tais como a amplitude, o período e a frequência que as distinguem entre si.



1. Descreve o movimento da partícula.

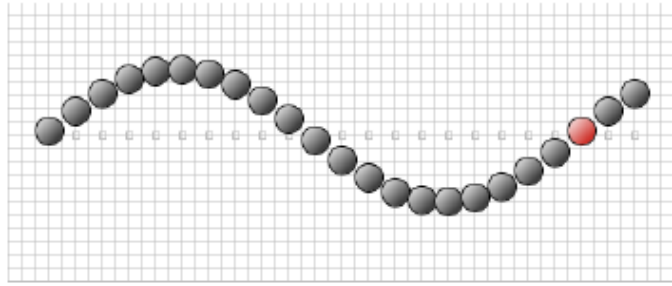
2. Como chamamos ao tempo que uma partícula demora a executar uma oscilação?

3. Se em 20 segundos a partícula executa uma oscilação, quantas oscilações ela executa em 1 segundo?

4. Como chamamos ao número de oscilações que a partícula executa em cada segundo?

5. Qual é a frequência de oscilação desta partícula?

6. Considera a figura em baixo, e respondes às questões seguintes:



6.1 Que podemos concluir sobre o movimento oscilatório das partículas quando se propaga à distância?

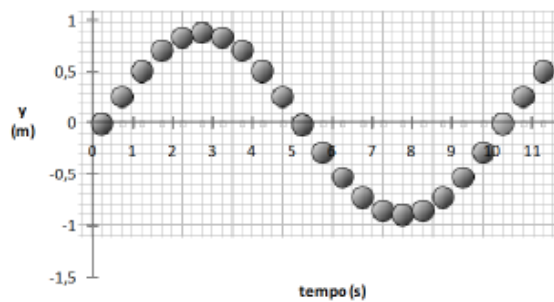
6.2 Mede a distância que separa duas partículas que se encontram em fase (comprimento de onda)

6.3 O que é o comprimento de onda?

6.4 Mede a metade da distância que separa a crista e o vale de uma onda (amplitude da onda).

6.5 O que é a amplitude de uma onda?

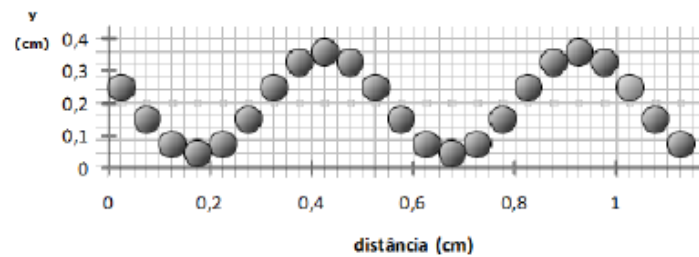
7. A figura seguinte mostra o gráfico da coordenada vertical em função do tempo de algumas partículas de uma onda transversal.



- 7.1 Qual é o período de oscilação de cada partícula?

- 7.2 Qual é a frequência de oscilação da onda?

8. A figura seguinte mostra o gráfico da coordenada vertical em função da distância percorrida por uma onda transversal.



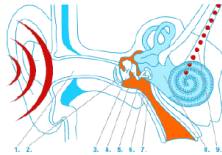
- 8.1 Qual é o comprimento de onda?

- 8.2 Qual é a amplitude da onda?

- 8.3 Qual é a amplitude da oscilação de cada partícula?

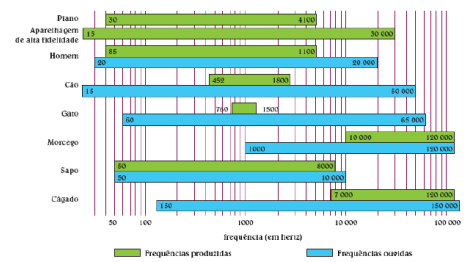
Apêndice II - Apresentação da aula n.º 3 e 4: O ouvido e a audição

O Ouvido Humano



(slide 1)

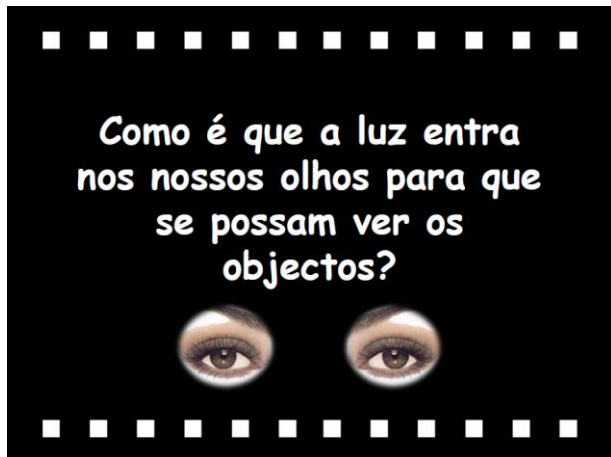
Espectro Sonoro



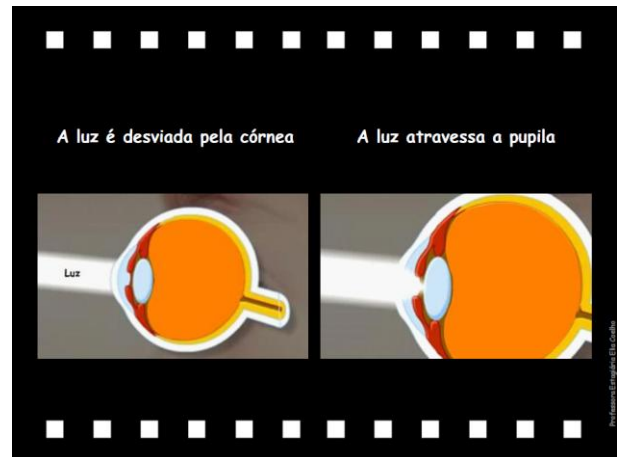
(slide 2)

Apêndice III - Apresentação da aula n.º 5 e 6:

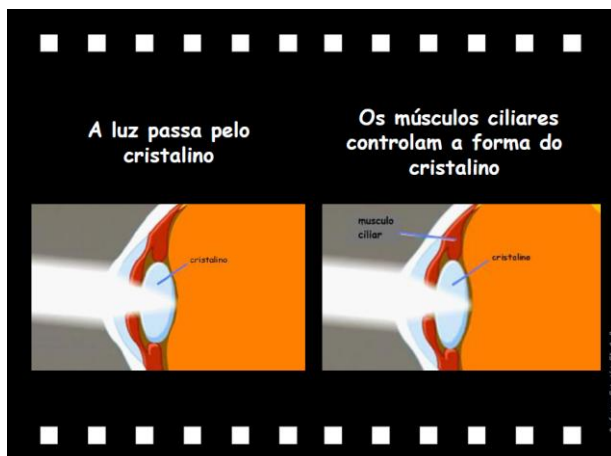
A visão humana - deficiências e correcções



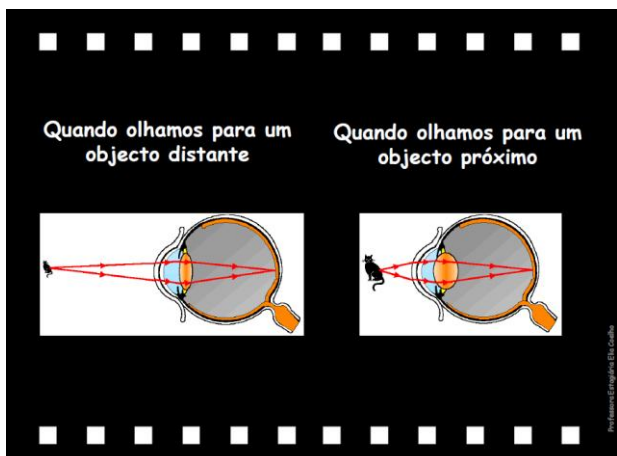
(slide 1)



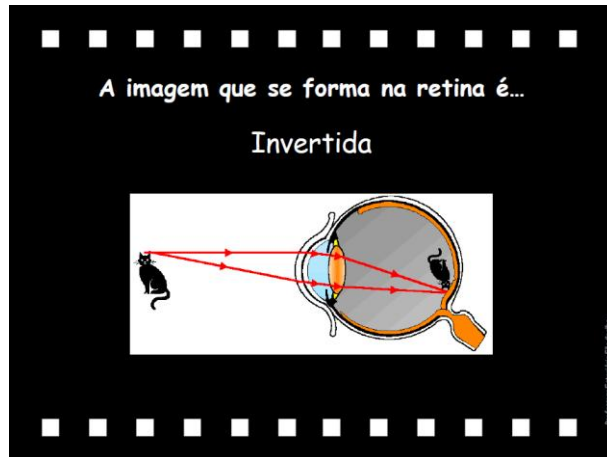
(slide 2)



(slide 3)



(slide 4)



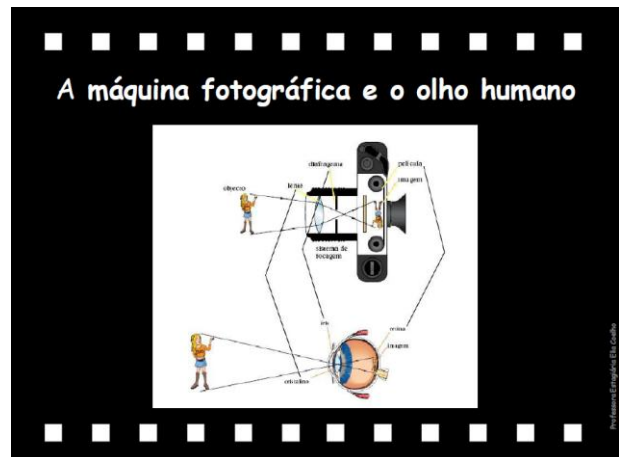
(slide 5)



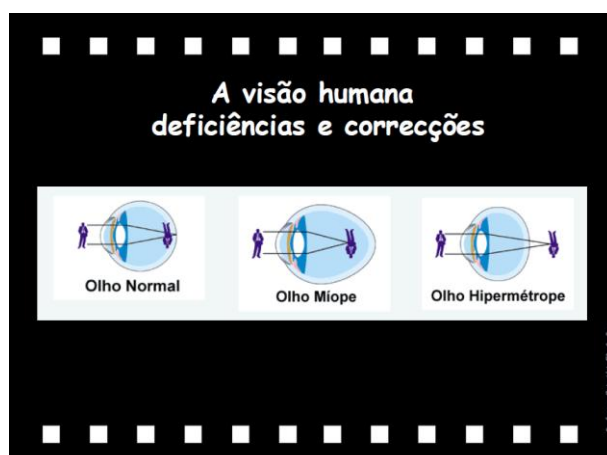
(slide 6)



(slide 7)





(slide 8)



(slide 9)

Apêndice IV - Actividade Experimental 8.ºano

	Escola Secundária do Monte de Caparica Ciências Físico-Químicas	
8.º Ano	A visão humana: deficiências e correcções	2009/2010
Nome: _____ n.º: ____ Turma: ____ Data: _____		

I. Objectivos

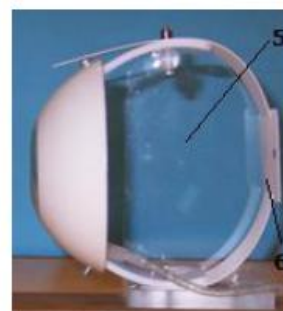
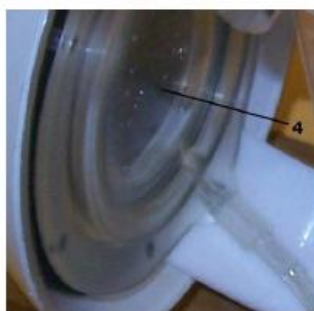
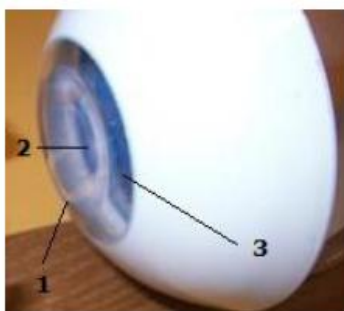
- ❑ Observar a "formação da imagem" na retina de um olho;
- ❑ Observar os defeitos de visão do olho;
- ❑ Corrigir os defeitos de visão do olho.

II. Material

- ❑ Kit do olho humano;
- ❑ Fonte de luz.

III. Procedimento experimental

Parte 1: Faz a legenda das figuras



1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Parte 2: Miopia

1. Colocar o alvo em frente à fonte de luz e a uma distância de 30 centímetros do modelo do olho.
2. Ajustar o diâmetro do olho para que o modelo exemplifique um olho normal (saudável). Como se mostra na imagem ao lado.
3. Ajustar a forma do **crystalino** com o auxílio da seringa de modo a focar a imagem do alvo projectada na **retina**.
4. Aumentar a largura do olho.



Quais são as alterações que observas na imagem que se encontra projectada na retina após esta alteração?

A miopia é uma deficiência da visão que se traduz pela dificuldade em ver ao longe. Com base nas observações feitas diz qual a origem física da miopia.

5. Colocar uma lente no suporte para lentes do modelo que lhe permita observar uma imagem nítida.



Qual o tipo de lente utilizado para fazer a correcção da miopia?

A lente que utilizaste vai ajudar a corrigir o defeito de visão aumentando ou diminuindo a distância focal? Fundamenta a tua resposta.

Parte 3: Hipermetropia

1. Reduzir a largura do olho.



Quais são as alterações que observas na imagem que se encontra projectada na retina após esta alteração?

A hipermetropia é uma deficiência da visão que se traduz pela dificuldade em ver ao perto. Com base nas observações feitas diz qual a origem física da hipermetropia.

2. Colocar uma lente no suporte para lentes do modelo que lhe permita observar uma imagem nítida.

Qual o tipo de lente utilizado para fazer a correcção da hipermetropia?

A lente que utilizaste vai ajudar a corrigir o defeito de visão aumentando ou diminuindo a distância focal? Fundamenta a tua resposta.

Apêndice V - Apresentação da aula n.º 1:

Introdução ao tema e relatividade galileana

Física Moderna

Sumário:

- Introdução à física moderna.
- Teoria da relatividade galileana:
 - Referenciais de inércia, referenciais acelerados e validade da lei da inércia nos mesmos;
 - Princípio da relatividade de Galileu;
 - Transformação de Galileu;
 - Variância e relatividade de uma grandeza física.

Teoria(s) da Relatividade



(slide 1)

(slide 2)

Definição da palavra "relatividade"

priberom | Dicionário Priberam da Língua Portuguesa

Página Principal | Sobre o dicionário | Como consultar | Abreviaturas | Gramática | Downloads | Ligações Úteis

Acordo Ortográfico: ☐ Antigo ☒ Novo

relatividade

relatividade | s. f.

Sabias que? Pode consultar o significado de qualquer palavra abaixo com um duplo clique. Experimente!

relatividade
(relativo + -idade)

1. Propriedade do que é relativo.
2. Condicionabilidade.
3. Contingência.
4. Fis. Teoria de Einstein sobre a relatividade do tempo e do espaço.

relatividade restrita: teoria sobre a equivalência entre a matéria e a energia. (Cabe-se hoje, com segurança, que a matéria e a energia não são mais que dois aspectos diferentes de uma mesma realidade física; actualmente, é possível obter energia a custo do aniquilamento da matéria e, inversamente, obter matéria pela transformação da energia. Foi Einstein, em 1905, quem enunciou esta conclusão científica, que se exprime pela fórmula $E = m \times c^2$, em que E representa a energia, m a massa, e c a velocidade da luz, no mesmo sistema de unidades físicas)

Últimas pesquisas:
[gaudato](#)

análise, análise amor
anádromo
ascensão
ascensionamento
empírico
empírico, equivo
exatidão
facilmente
interior
matemática
paradigma
prático
rattier
relicar
vencendo

Palavras relacionadas com: [relatividade](#)

(slide 3)

Definição da palavra "relatividade"

priberom | Dicionário Priberam da Língua Portuguesa

Página Principal | Sobre o dicionário | Como consultar | Abreviaturas | Gramática | Downloads | Ligações Úteis

Acordo Ortográfico: ☒ Antigo ☐ Novo

relativo

relativo | adj.

Sabias que? Pode consultar o significado de qualquer palavra abaixo com um duplo clique. Experimente!

relativo
(sem relativus, -a, -um)

adj.

1. Que tem relação, que não é alheio a: nascer e morrer são termos relativos.
2. Não tomado em sentido absoluto: reino é um termo relativo. Portugal um termo relativo.
3. Avaliado por comparação.
4. Que se refere a alguma pessoa ou coisa.
5. Gram. Que se refere a um nome ou oração antecedente.
6. Diz-se da oração que principia por um pronome relativo.

Últimas pesquisas:
[discusse](#)

análise, análise amor
anádromo
ascensão
ascensionamento
empírico

Palavras relacionadas com: [relativo](#)

(slide 4)

Um ponto de vista...



Quem é mais alto?

- ☐ A estátua do Cristo – Rei
- ☐ O turista
- ☐ Depende...

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 5)

Um ponto de vista...



É...

- ☐ Dia
- ☐ Noite
- ☐ Depende...

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 6)

Um ponto de vista...



Quem é que está de pernas para o ar?

- ☐ Nós
- ☐ Os australianos
- ☐ Depende...

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 7)

Um ponto de vista...

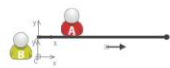
O sujeito **A** está:

- ☐ Em repouso
- ☐ Em movimento
- ☐ Depende...

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 8)

Uma resposta... Uma conclusão...

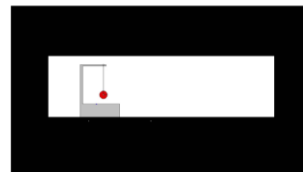


Para descrever qualquer movimento é **SEMPRE** necessário escolher um **REFERENCIAL**.

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 9)

Referenciais inerciais



Carrinho em repouso...
relativamente ao solo!

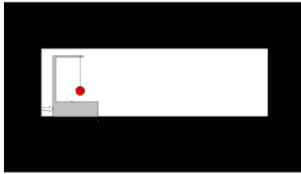


Carrinho que se movimenta
com velocidade constante...
relativamente ao solo!

Professora Estrogina Dos Caralhos

(slide 10)

Referenciais acelerados



Carrinho sujeito a uma força.



Carrinho que trava devido a forças de atrito.

Professora Eliana Regina da Silva

(slide 11)

Conclusões

- Num **referencial inercial** verifica-se a **Lei de inércia**:
Se a resultante das forças que actuam num corpo for nula, este manterá a sua velocidade.
- Num **referencial acelerado** a Lei de inércia **não é válida**.
- Todos os referenciais que se movem com **velocidade constante** em relação a um referencial inercial também são referenciais de inércia.

Professora Eliana Regina da Silva

(slide 12)

Um referencial ligado à Terra é inercial?



A Terra é um corpo acelerado!

- A Terra tem aceleração devido ao seu movimento de rotação.
- A Terra tem aceleração devido ao seu movimento de translação em volta do Sol.

Contudo, em muitas situações, podemos considerar inercial um referencial ligado à Terra!

Professora Eliana Regina da Silva

(slide 13)

Princípio de Relatividade de Galileu:

As leis da mecânica são as mesmas em qualquer referencial de inércia.



Galileu Galilei (1564 — 1642)

Professora Eliana Regina da Silva

(slide 14)

Conclusões

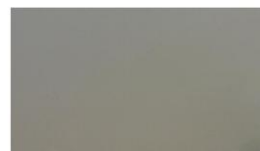
O princípio de relatividade permite-nos afirmar que:

- As leis da mecânica são **invariantes** (i.e. são as mesmas) em qualquer **referencial de inércia**.
- Os pontos de vista de observadores ligados a diferentes **referenciais inerciais** são **equivalentes**.
- Não é possível distinguir, num **referencial inercial**, se estamos em **repouso** ou em **movimento retilíneo e uniforme**.

Professora Eliana Regina da Silva

(slide 15)

Exemplo



Professora Eliana Regina da Silva

(slide 16)

Para que serve a Teoria da Relatividade?

A Teoria da Relatividade permite **relacionar** as medidas de **grandezas físicas** de determinado **evento** e que foram realizadas por observadores em diferentes **referenciais de inércia**.



Professora Eliana Regina da Costa

(slide 17)

O que é um evento?

Entende-se por evento uma ocorrência numa certa **posição** e num certo **instante**.

Professora Eliana Regina da Costa

(slide 18)

Exemplo

(x, y, z) Localização no espaço – local onde acontece.

(t) Localização no tempo – instante em que acontece.

Um acontecimento é caracterizado por quatro coordenadas **(x, y, z, t)**.



Professora Eliana Regina da Costa

(slide 19)

Um evento e duas trajetórias diferentes

Exemplo da página 295 do manual:

Deixa-se cair uma bola dentro de uma carrinha que se move **com velocidade constante em relação ao solo**.



Trajetória descrita pela bola vista no **referencial** de alguém que esteja **dentro da carrinha**.

Professora Eliana Regina da Costa

(slide 20)

Um evento e duas trajetórias diferentes



Trajetória descrita pela bola vista no **referencial** de alguém que esteja **fora da carrinha** (caso esta fosse transparente).

Professora Eliana Regina da Costa

(slide 21)

Posição

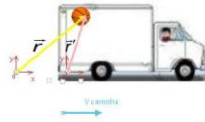


Vector posição \vec{r} da bola no referencial de um observador que se encontra fora da carrinha.

Professora Eliana Regina da Costa

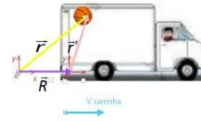
(slide 22)

Posição



Vector posição \vec{r}' da bola no referencial de um observador que se encontra dentro da carrinha.

Posição

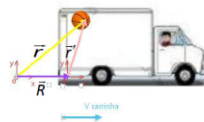


Vector posição \vec{R} do referencial que se encontra dentro da carrinha no referencial do observador que se encontra fora da mesma.

(slide 23)

(slide 24)

Posição



O vector \vec{r} pode ser escrito como a soma dos vectores \vec{R} e \vec{r}' .

O referencial ligado ao observador que se encontra dentro da carrinha movimenta-se relativamente ao referencial ligado ao observador que se encontra fora da carrinha com movimento rectilíneo e uniforme.

O vector \vec{r} pode ser reescrito:

$$\vec{r} = \vec{R} + \vec{r}'$$

$$\vec{R} = \vec{V} \times t$$

$$\vec{r} = \vec{V} \times t + \vec{r}'$$

(slide 25)

Transformação de Galileu

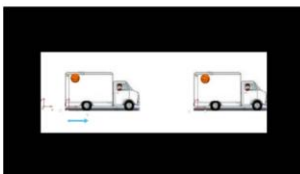
Com estas equações sabendo as coordenadas (x', y', z', t') de um evento num **referencial de inércia** podemos saber as coordenadas (x, y, z, t) , do mesmo evento, noutro **referencial inercial**, conhecendo V .

$$\begin{cases} x = x' + Vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

(slide 26)

Velocidade

A **velocidade** é a taxa instantânea de variação da posição. Assim, a velocidade obtém-se **derivando a posição** em ordem ao tempo.



Derivando a equação $\vec{r} = \vec{R} + \vec{r}'$ em ordem ao tempo obtém-se a...

Lei da adição de velocidades:

$$\vec{v} = \vec{V} + \vec{v}'$$

(slide 27)

Velocidade

Mais um exemplo da lei da adição de velocidades.



v da correnteza medida no referencial do rio (parado)

V do referencial no parador relativamente ao referencial fora do parador

v' da correnteza medida no referencial fora do parador



v da correnteza medida no referencial no parador

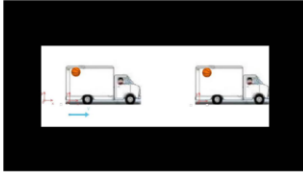
V do referencial no parador relativamente ao referencial fora do parador

v' da correnteza medida no referencial fora do parador

(slide 28)

Aceleração

A **aceleração** é a taxa instantânea de variação da velocidade.
Assim, a aceleração obtém-se **derivando a velocidade** em ordem ao tempo.



O referencial dentro da carrinha movimenta-se com **velocidade constante** relativamente ao referencial que se encontra fora da mesma, então a sua aceleração é nula.

$$\vec{v} = \vec{V} + \vec{v}'$$

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$$

$$\vec{a} = \vec{a}'$$

Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 29)

Resultante das forças

A massa da bola é a mesma nos dois referenciais, logo, a resultante das forças também é a mesma em ambos os referenciais.

$$\vec{F}_R = m \times \vec{a}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_R'$$



Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 30)

Grandezas invariantes

Em qualquer referencial inercial:

- A massa da partícula é a mesma!
- A aceleração da partícula é a mesma!
- A resultante das forças na partícula é a mesma!
- O intervalo de tempo entre eventos é o mesmo!

Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 31)

Grandezas relativas

Em qualquer referencial inercial:

- A posição da partícula é relativa... ao referencial!
- A velocidade da partícula é relativa... ao referencial!
- O momento linear da partícula é relativo... ao referencial!
- A energia cinética da partícula é relativa... ao referencial!

Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 32)

Física em acção



Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 33)

Física em acção



Professora Inês Margarida Sá da Cunha

(slide 34)

Física em ação



(slide 35)

Física em ação



(slide 36)

Professora Lúcia Regina da Costa

Professora Lúcia Regina da Costa

Apêndice VI - Apresentação da aula n.º 2:

Origens da Relatividade Restrita

Física Moderna

Sumário:

- Origens da Teoria da Relatividade Restrita.
- Postulados da Teoria da Relatividade Restrita.
- Relatividade da simultaneidade de acontecimentos.

Teoria(s) da Relatividade



(slide 1)

(slide 2)

A visão newtoniana do Universo

Uma descoberta de grande importância...



Isaac Newton (1642 – 1726)

O Universo é composto por **partículas** que se movimentavam através do **espaço vazio e absoluto** sujeitas a **forças** que actuavam à **distância** e **instantaneamente**.

Professora A. Evangelista da Silva Coimbra



Michael Faraday (1791 – 1867)

A importância das **propriedades físicas e geométricas do espaço**.



Professora A. Evangelista da Silva Coimbra

(slide 3)

(slide 4)

O Electromagnetismo



James Maxwell (1831 – 1879)

O responsável por dar uma base teórica sólida ao **electromagnetismo**.



Professora Inês Gonçalves

(slide 5)

Uma pergunta

As ondas electromagnéticas precisam de um **meio de propagação**?



Professora Inês Gonçalves

(slide 6)

O éter...

- Um fluido que impregnava todo o espaço.
- Era extremamente rígido.
- Era bastante ténue.

Professora Inês Gonçalves

(slide 7)

O problema...

Leis de Maxwell



Levaram a concluir que a velocidade a que as ondas electromagnéticas se propagam é constante – independente da fonte emissora.



Em desacordo com a lei de adição de velocidades de Galileu.

Professora Inês Gonçalves

(slide 8)

A conclusão das leis de Maxwell *versus* a lei de adição de velocidades de Galileu



Professora Inês Gonçalves

(slide 9)

As duas hipóteses...

- ❑ As equações de Maxwell estavam erradas.
- ❑ As transformações de Galileu e, consequentemente, toda a mecânica newtoniana estavam erradas.

Professora Inês Gonçalves

(slide 10)

Um solução encontrada...

- ❑ Em referenciais em repouso relativamente ao éter: aceitaram-se as equações de Maxwell como válidas.
- ❑ Em referenciais que em movimento uniforme relativamente ao éter: as equações de Maxwell deveriam ser modificadas recorrendo as transformações de Galileu.

A existência, ou não existência, do éter...



A. A. Michelson (1852-1931)



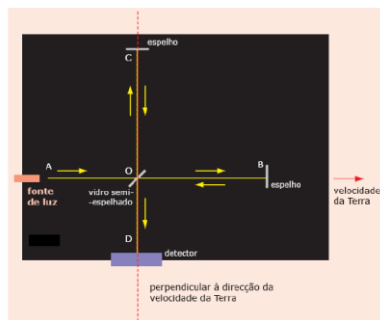
E. W. Morley (1838-1923)

Realizaram uma experiência que visava confirmar a existência do éter.

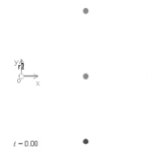
(slide 11)

(slide 12)

A experiência de Michelson - Morley



A experiência de Michelson - Morley



(slide 13)

(slide 14)

As transformações de Lorentz



Hendrik Lorentz (1853 - 1928)

As transformações de Lorentz asseguravam a **invariância das leis do electromagnetismo** sem alterar as **leis da mecânica** em diferentes **referenciais inerciais**.

Que magia envolve a velocidade da luz?



(slide 15)

(slide 16)

Teoria da Relatividade Restrita

- Negou a existência do éter.
- Deu outra interpretação ao resultado da experiência de Michelson e Morley.
- Criou a Teoria da Relatividade Restrita.



Albert Einstein (1879-1955)

Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 17)

Postulados da Teoria da Relatividade Restrita

- As leis da **física** são as mesmas em todos os **referenciais de inércia**.
- A velocidade da luz no vácuo é de 300000 km/s em todos os referenciais de inércia.



Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 18)

Recordando...

Teoria da Relatividade galileana

O tempo é invariante.



O intervalo de tempo medido entre dois eventos é o mesmo para todos os observadores em qualquer referencial inercial.



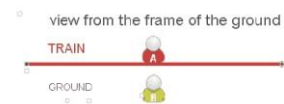
Um acontecimento ocorre no mesmo instante para qualquer observador seja qual for o referencial inercial em que este se encontra.

Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 19)

Teoria da Relatividade Restrita

Simultaneidade... Não simultaneidade...

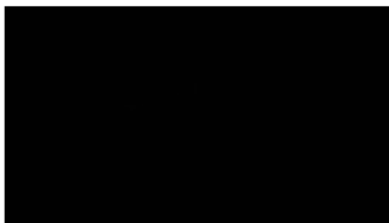


Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 20)

Teoria da Relatividade Restrita

Simultaneidade... Não simultaneidade...



Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 21)

Conclusão

A simultaneidade de dois acontecimentos depende do referencial em que se encontra o observador ou detector.

Professora Eliângela Silva Cavallini

(slide 22)

Apêndice VII - Apresentação da aula n.º 3:

Teoria da Relatividade Restrita: Consequências da invariância da velocidade da luz.

Física Moderna

Sumário:

- Teoria da Relatividade Restrita:
 - Dilatação do tempo;
 - Contração do espaço.

Teoria(s) da Relatividade



(slide 1)

(slide 2)

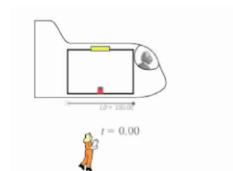
Teoria da Relatividade Restrita

A dilatação do tempo

Mais consequências derivadas do facto da velocidade da luz ser constante.



(slide 3)

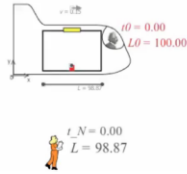


Caso 1:
Nave em repouso
relativamente à Terra.

$$v = 0$$

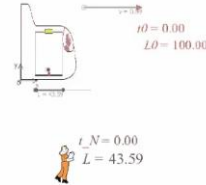
(slide 4)

A dilatação do tempo



Caso 2:
A nave viaja a 0,15 da
velocidade da luz
relativamente à Terra.
 $v = 0,15c$

A dilatação do tempo



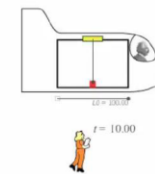
Caso 3:
A nave viaja a 0,90 da
velocidade da luz
relativamente à Terra.
 $v = 0,90c$

(slide 5)

(slide 6)

Conclusão

Quanto **maior** for a **velocidade**, **maior** será a **distância percorrida pela luz**. Uma vez que a **velocidade da luz é constante**, o intervalo de tempo que a luz leva a percorrer essa distância também será maior havendo uma **dilatação do tempo**!



Distância entre os dois espelhos - **D**
Distância percorrida pela luz - **2×D**
Intervalo de tempo próprio - **Δt₀**
Velocidade da luz - **c**

$$2 \times D = c \times \Delta t_0$$

$$D = \frac{c \times \Delta t_0}{2} \quad (1)$$

(slide 7)

(slide 8)

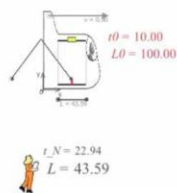
Um pouco de matemática...



Distância percorrida pela luz - **2×L**
Intervalo de tempo medido num referencial inercial em movimento relativamente ao referencial próprio - **Δt**
Velocidade da luz - **c**
Catetos :
 D
 $\frac{v \times \Delta t}{2}$

Teorema de Pitágoras: $h^2 = c^2 + c^2$

$$L^2 = D^2 + \left(\frac{v \times \Delta t}{2}\right)^2$$



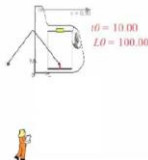
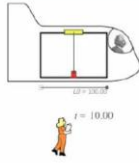
Equação que relaciona os intervalos de tempo medidos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

(slide 9)

(slide 10)

A contracção do espaço



Comprimento medido num referencial inercial em movimento relativamente ao referencial próprio - L

$$L = v \times \Delta t_0$$

Comprimento próprio - L_0

$$L_0 = v \times \Delta t$$

Professora Inês Lopes da Costa

(slide 11)

Um pouco de matemática...

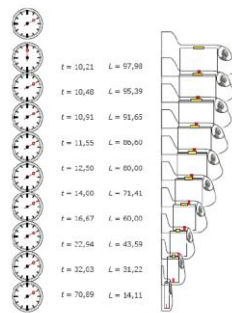
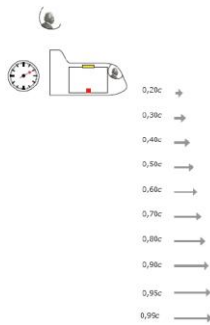
Equação que relaciona os comprimentos medidos:

$$L = L_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Professora Inês Lopes da Costa

(slide 12)

Conclusão



(slide 13)

Conclusão

- A velocidade da luz é uma velocidade máxima.
- $\Delta t > \Delta t_0$ e por isso há dilatação do tempo.
- Como $L < L_0$ há contracção do espaço na direcção do movimento do referencial.
- A teoria da relatividade restrita engloba a relatividade galileana.

Professora Inês Lopes da Costa

(slide 14)

Apêndice VIII - Apresentação da aula n.º 4:

Relação entre massa e energia. Relatividade Geral e Princípio da Equivalência

Física Moderna

Sumário:

- Relação entre massa e energia.
- Relatividade Geral.
 - Princípio da Equivalência.

Teoria(s) da Relatividade



(slide 1)

(slide 2)

Teoria da Relatividade Restrita

Pensemos...

$$E_0 = mc^2$$



Lei fundamental da dinâmica

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\vec{p} = m \times \vec{v}$$

Obtemos...

$$\vec{F} = m \times \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{F} = m \times \vec{a}$$

(slide 3)

(slide 4)

Concluimos...

Se for aplicada numa partícula de massa m uma força constante, a velocidade da partícula aumentará... **sem limite!**

Isto não pode acontecer!

Professora Inês Lopes

(slide 5)

Concluimos... Que é impossível!

A teoria da relatividade restrita diz que a velocidade da luz é uma velocidade máxima **que apenas a luz consegue atingir!**



Professora Inês Lopes

(slide 6)

Logo...

As expressões:

$$\vec{p} = m \times \vec{v}$$

$$\vec{F} = m \times \vec{a}$$

Apenas são válidas para velocidades muito inferiores à velocidade da luz.

Professora Inês Lopes

(slide 7)

Se a velocidade de uma partícula não pode tender para ∞ ...

A **massa** da partícula que está a ser **acelerada** vai ser cada vez **maior**, a que corresponde uma **maior inércia** da partícula.

$$m_g = \frac{m}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Entende-se geralmente por massa da partícula a "massa em repouso" da partícula.

Professora Inês Lopes

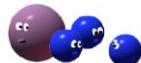
(slide 8)

E_c relativista Vs E_c clássica

velocidade da luz (m/s)	300000000				
velocidade da partícula (m/s)	20000				
massa da partícula (kg)	720				
		E_c relativista (J)	E_c clássica (J)		relativista
		14400000000000	14400000000000		
		8792.00	8792.00		
		0.000000%			



velocidade da luz (m/s)	299792458				
velocidade da partícula (m/s)	299792479				
massa da partícula (kg)	1.67E-27				
		E_c relativista (J)	E_c clássica (J)		relativista
		1.040309E-08	7.567105E-11		
		1.030309E-08			
		99.293114%			



Professora Inês Lopes

(slide 9)

$E_0 = mc^2$

Teorema da Energia Cinética: $W = \Delta E_c$

Einstein ao calcular o trabalho realizado para levar a partícula desde o repouso até uma dada velocidade obteve a expressão:

$$W = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2 = \Delta E_c$$

E_c E_0
 $E_0 = mc^2$

Professora Inês Lopes

(slide 10)

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$E_{\text{total}} = \Delta E_c + E_0$$

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2 + m \times c^2$$

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2$$

(slide 11)

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$\Delta E = E_{\text{total}} - E_0$$

$$\Delta E = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times m \times c^2 - m \times c^2$$

$$\Delta E = \left(\frac{m}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - m \right) \times c^2$$

Δm

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

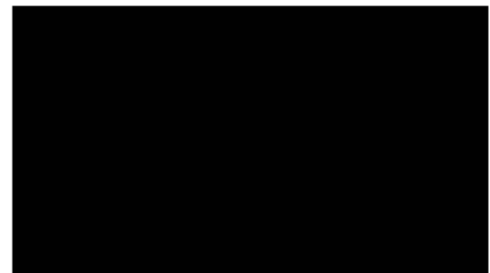
(slide 12)

Conclusão

- A energia que um corpo ganha ou perde está directamente relacionada com o seu aumento ou diminuição de massa, ou de inércia.
- Uma partícula, mesmo que não estando em movimento, apenas pelo simples facto de ter massa possui também energia!
- A teoria prevê qual a quantidade de energia que é produzida quando há um aumento de massa e vice-versa.

(slide 13)

Aplicação



(slide 14)

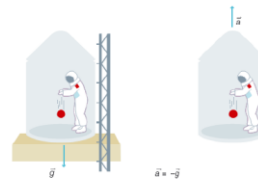
Teoria da Relatividade Geral

Uma forma invariante de apresentar a física...

- A teoria da relatividade restrita apenas se aplicava a **referenciais inerciais**.
- A teoria da Gravitação de Newton assume as forças gravíticas como interações **instantâneas** e à distância.
- A teoria da Gravitação de Newton não consegue explicar variação do da orbita do planeta Mercúrio.

(slide 15)

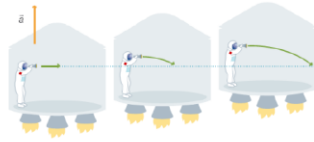
Princípio de Equivalência



Os efeitos da aceleração de um referencial **não se distinguem** dos efeitos de um campo gravítico.

(slide 16)

Conclusão



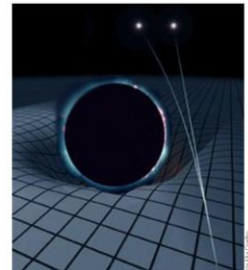
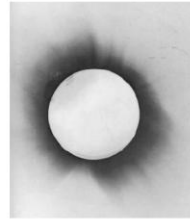
Se os raios de luz encurvam numa nave acelerada...
Os raios de luz podem ser encurvados na presença de um campo gravítico!

Professora Integradora Dina Coutinho

(slide 17)

A primeira grande evidência experimental

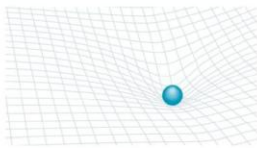
Um eclipse Solar total



Professora Integradora Dina Coutinho

(slide 18)

Relatividade Geral



O que acontece é que a gravitação é uma deformação do espaço-tempo devido a massa dos corpos. A luz vai a direito... a geometria do espaço é que se encontra alterada...

Professora Integradora Dina Coutinho

(slide 19)

Apêndice IX - Documento de síntese de conceitos 12.ºano

Teoria da relatividade galileana

Síntese de conceitos

Para descrever qualquer movimento é sempre necessário _____.

Existem dois tipos de referenciais:



Referenciais _____



Referenciais _____

Lei da Inércia:

Num referencial inercial verifica-se _____.

Num referencial acelerado _____.

Todos os referenciais que se movem com velocidade constante em relação a um referencial _____ também são referenciais _____.

Princípio de relatividade de Galileu:

O Princípio de relatividade de Galileu permite-nos afirmar que:

Em qualquer referencial inercial as leis da mecânica são _____.

Os pontos de vista de observadores ligados a diferentes referenciais inerciais são _____, logo não há referenciais de inércia melhores do que outros.

Num referencial inercial não é possível distinguir se estamos em repouso ou em _____.

A Teoria da Relatividade permite relacionar as _____ de determinado evento e que foram realizadas por observadores em diferentes referenciais de inércia.

As transformações de Galileu permitem passar

de um evento num referencial inercial para

do mesmo evento noutro referencial inercial.

$$\begin{cases} x = x' + Vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

Teoria da relatividade galileana

Síntese de conceitos

Lei da adição de velocidades:

Grandezas invariantes:

Grandezas Relativas:

Exemplo de aplicação da lei de adição de velocidades:



Considera a situação em que uma corredora se desloca sobre uma plataforma com uma velocidade de 2 m/s relativamente ao referencial da plataforma. O referencial da plataforma desloca-se com uma velocidade de 5 m/s relativamente a um referencial inercial que se encontra fora da mesma. A velocidade da corredora relativamente ao referencial que se encontra fora da plataforma é de ____ m/s.

Apêndice X - Teste 12.º ano



ESCOLA SECUNDÁRIA DO MONTE DE CAPARICA

Teste de Avaliação – Teoria(s) da Relatividade



Nome _____ Nº ____ Turma ____ Data _____

Justifica todas as respostas dadas!

1. Quais das seguintes afirmações estão de acordo com a teoria da relatividade galileana? Reescreve as afirmações que **não** estão de acordo.

- a. Não há limite superior para a velocidade.
- b. As leis da física são as mesmas em todos os referenciais de inércia.
- c. O tempo é absoluto.
- d. A simultaneidade de dois acontecimentos depende do referencial em que se encontra o observador.

2. Quando corres à chuva, embora vejas a chuva cair verticalmente em relação ao solo, tens que inclinar o guarda-chuva para não te molhares. Isto significa que nessa situação a chuva cai relativamente a ti com essa inclinação.

Supõe que corres com uma velocidade constante relativamente ao solo de $\vec{v} = 4,0\vec{e}_x$ (m/s), com um guarda-chuva na mão, num dia em que a chuva cai verticalmente relativamente ao solo com uma velocidade terminal de $\vec{v} = 7,0\vec{e}_y$ (m/s).

Que inclinação deves dar ao guarda-chuva relativamente a ti para que te molhes o menos possível?



3. Um aluno deve realizar uma ficha de avaliação, numa hora, no referencial do professor. O aluno viaja nos seus *skaters* espaciais à velocidade $v=0,75c$, relativamente ao professor. Quando passou uma hora para o professor, quanto tempo passou no relógio do aluno?
4. Uma barra move-se com velocidade $v=0,6c$ em relação a um referencial num laboratório. Nesse referencial (em movimento) a barra tem um comprimento de 1,2 m. Qual o comprimento da barra no referencial do laboratório?
5. Porque razão se pode afirmar que a Teoria da Relatividade Restrita engloba a Teoria da Relatividade Galileana?

Formulário:

Expressão da dilatação do tempo:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Expressão da contracção do espaço:

$$L = L_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Questão	1	2	3	4	5
Cotação	6	4	3	3	4



Bom trabalho!

Apêndice XI - Avaliação de visita de estudo



ESCOLA SECUNDÁRIA DO MONTE DE CAPARICA



VISITA DE ESTUDO

Nome _____ Nº ____ Turma ____ Data _____

No dia 21 de Abril realizaste uma visita de estudo. Nesta visita ficaste a conhecer as instalações, o funcionamento da Central Solar da Amareleja e da barragem do Alqueva. Também te foram dadas a conhecer algumas das principais preocupações de ambos os projectos tanto com a população envolvente como com o meio ambiente. Com base no conhecimento que adquiriste nesta visita responde as questões que te são apresentadas.

1. Quais são os 4 países da Europa que possuem melhores condições para a produção de energia fotovoltaica?

2. Quais as características que a Vila de Amareleja possui que a fez um local de eleição para a construção da central fotovoltaica que visitaste?

3. Quais as vantagens que a construção Central Solar Fotovoltaica de Amareleja proporcionou aos habitantes daquela região?

4. Qual o numero de seguidores solares existentes na central fotovoltaica?
(*escolhe a opção correcta*)
 - a) 2520
 - b) 250
 - c) 104
 - d) 520

5. Cada seguidor solar segue o sol rodando ...
(*escolhe a opção que completa a frase anterior correctamente*)
 - a) ...sobre um eixo vertical mantendo o mesmo ângulo de inclinação relativamente ao solo.
 - b) ...sobre um eixo horizontal variando o seu ângulo de inclinação relativamente ao solo.



6. Quais foram as medidas de preservação do meio ambiente que foram tomadas para a realização do projecto da construção desta central fotovoltaica?
7. O edifício no qual assististe à explicação do funcionamento da central fotovoltaica é quase um edifício de emissões zero. Comenta esta afirmação.
8. A região do Alentejo ocupa um terço do território de Portugal continental, contudo esta região apenas conta com 5% da população que ocupa este território.
- a) Comenta a afirmação anterior.
- b) Explica de que forma a construção da barragem do Alqueva poderá num futuro alterar estes dados.



9. Em que situações se procede à abertura das comportas de uma barragem?
10. Explica porque razão a electricidade a noite é mais barata?
11. Existe uma albufeira entre barragem do Alqueva e a barragem de Pedrógão. Qual importância da existência dessa albufeira.
12. Comenta a afirmação: “As energias renováveis não poluem.”

